



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB  
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais  
Aplicadas – FATECS

ÍTALO DE MORAIS LIMA

RA:21238018

**PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO: Um estudo comparativo  
entre prestadores no Brasil**

Brasília-DF  
2017

ÍTALO DE MORAIS LIMA

RA:21238018

**PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO: Um estudo comparativo  
entre prestadores no Brasil**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientador: Prof. Me. André Braga Galvão  
Silveira

Brasília-DF  
2017

ÍTALO DE MORAIS LIMA

RA:21238018

**PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO: Um estudo comparativo  
entre prestadores no Brasil.**

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Orientador: Prof. André Braga Galvão Silveira

Brasília, 5 de julho de 2017

**Banca Examinadora**

---

Prof. Me. André Braga Galvão Silveira  
Orientador

---

Prof. Me. Julio César Sebastiani Kunzler  
Examinador Interno

---

Dr. Sergio Brasil Abreu  
Examinador Externo

Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre me incentivarem a ter disciplina e a crescer como indivíduo.

## AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, por ter me guiado e me dado forças nos momentos de maior dificuldade durante toda a minha vida.

Em seguida, sou grato à minha mãe, Ana Maria, por ser minha companheira firme desde pequeno, pelo seu modo de me ensinar, de me dar o exemplo, de me dar apoio nas minhas decisões e de dedicar-se inteiramente à minha felicidade. Ao meu pai, Juraci, pelos conselhos sensatos, aos meus irmãos Cíntia, Sandra e Wendell e cunhados, pelo forte respeito e afeto.

A todos os meus tios, em especial: à tia Lindalva, por me amar tão fortemente e acreditar na minha capacidade e torcer pelo meu sucesso como nunca; aos padrinhos Beth e Edson, pela presença em todos os momentos importantes da minha caminhada; e ao padrinho Betinho e à tia Eliane, que desde criança me acolhem, incentivam-me e me têm com enorme carinho e respeito.

Aos meus primos também, em especial aos mais próximos Igor, Bia, Camila, Thalles, Bruno, Thaís e Nathália, que sempre me alegraram e são fonte de inspiração.

Aos meus amigos e colegas, em especial a: meu irmão do peito Daniel, pelo grande companheirismo, sempre me encorajando a enfrentar as diferentes fases; João Paulo, cuja energia, perseverança e fé abundantes conseguiram me fazer ir muito longe ao longo da faculdade; Saldanha, pela humildade e pelo bom humor; Murillo, pela receptividade; o Darym, por sua superação inspiradora; Thiago, pela prestatividade e pela ajuda nos obstáculos da faculdade; Yêdo, também por sua atenção e respeito; e todos os outros monitores da minha geração, pois a faculdade foi diferente por conta de vocês.

A todos os meus amigos de Berkeley, em especial a: Marvin, pela humildade e sabedoria; Rafael, pelas conversas de alto nível; Matheus, por seu exemplo de caráter e todos os outros compatriotas que estiveram presentes na minha jornada em NorCal. À comunidade *I-House Berkeley*, jamais serei capaz de agradecer o bastante, sobretudo por enriquecer o meu espírito, transformando completamente a minha visão acerca do mundo e das pessoas.

Por fim, sou extremamente agradecido aos meus mestres mais influentes na academia: meu professor e orientador André, por contagiante amor à profissão, profissionalismo na condução dos trabalhos e principalmente confiança depositada em mim; Irene, que me apresentou a Engenharia de forma cativante, Jairo, pela grande paciência e consideração, João Marcos, pelos conselhos da época de aluno e monitor; Jorge, pela honestidade; Júlio, pela educação e acessibilidade; e Maruska, pela sensibilidade, generosidade e acolhimento tremendos.

Enfim, obrigado a cada um de vocês por constituir parte do meu ser.

*“Por vezes sentimos  
que aquilo que fazemos  
não é senão uma gota de água no mar.  
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”*

Madre Teresa de Calcutá

## RESUMO

O combate às perdas de água no Brasil tem se tornado um assunto de extremo valor nos últimos anos, especialmente em face do crescimento acelerado das cidades e do envelhecimento dos sistemas de abastecimento. Um dos indicadores de perdas adotados na estratégia de gerenciar os volumes introduzidos nesses sistemas é o método do Balanço Hídrico. Sob essa perspectiva, o presente trabalho agrupou dados de importantes prestadores que fazem uso dessa técnica estimativa atualmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, no intuito de comparar e avaliar a eficiência atual dos sistemas. Enfim, constatou-se que é recorrente o uso de estimativas sem fundamentações experimentais específicas para cada sistema, assim prejudicando sobremaneira a credibilidade dos prestadores. Também foi observado que anualmente as perdas correspondem a aproximadamente 40% de todo o volume fornecido ao sistema, dos quais destaca-se a forte representatividade dos vazamentos em ramais e da submedição dos hidrômetros. Enquanto São José do Rio Preto (SP) se destacou com o menor percentual de perdas, Guaratinguetá (SP) apresentou desempenho oposto. Em Novo Hamburgo (RS) e Porto Alegre (RS), obteve-se o maior percentual de Perdas Aparentes, ao contrário de Barretos (SP) e Salgueiro (PE), com as maiores Perdas Reais. Foi verificado também que, em relação ao Volume de Entrada, em 2015, o Distrito Federal teve a menor parcela de Consumo Não Autorizado e Mogi das Cruzes (SP) demonstrou, proporcionalmente, o mais baixo valor de perdas na Submedição. De modo geral, os níveis de Perdas de Água no Brasil, principalmente de Perdas Reais, são preocupantes e por isso despertam a necessidade de aperfeiçoar seu gerenciamento.

Palavras-chave: Sistemas de abastecimento de água. Perdas de água. Balanço Hídrico.



## ABSTRACT

The fight against water losses in Brazil has become an extremely valuable topic recently, especially due to fast city growth and aging of the supply systems. One of the performance indicators of losses that are employed is the Water Balance method. From this perspective, this Project collected data from important companies that actually use that estimation technique in Northeastern, Mid-Western, Southeastern, and Southern Brazil, in order to compare and assess the current efficiency of those systems. In the end, it was verified that the use of estimates without any specific experimental support is carried out regularly, thus jeopardizing those companies's credibility. Also, evidence shows that the losses represent approximately 40% of the entire volume provided to the system, out of which remarkable representativeness can be observed due to leakages on service connections and to customer Metering Inaccuracies. Whereas *Sao Jose do Rio Preto* (SP) was a standout for its lowest loss rate, *Guaratingueta* (SP) had an opposite performance. In *Novo Hamburgo* (RS) and *Porto Alegre* (RS), the highest Apparent Losses were obtained, as opposed to *Barretos* (SP) and *Salgueiro* (PE), which had the highest Real Loss rates. Besides, it was shown that *Distrito Federal* had the lowest portion of Unauthorized Consumption in relation to the System Input Volume in 2015, and *Mogi das Cruzes* (SP) proportionally demonstrated the lowest Metering Inaccuracy loss rate. Overall, the Water Loss levels in Brazil are alarming, especially the Real Loss rates. Therefore, they result in the need for administrative improvement.

Keywords: Water Supply Systems. Water Losses. Water Balance.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1	Objetivo Geral .....	2
2.2	Objetivos Específicos .....	2
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
3.1	Sistema de Abastecimento de Água .....	3
3.1.1	<i>Elementos do Sistema de Abastecimento de Água .....</i>	<i>4</i>
3.1.1.1	<i>Manancial .....</i>	<i>4</i>
3.1.1.2	<i>Captação .....</i>	<i>4</i>
3.1.1.3	<i>Adução .....</i>	<i>4</i>
3.1.1.4	<i>Estações elevatórias .....</i>	<i>4</i>
3.1.1.5	<i>Estação de Tratamento de Água .....</i>	<i>5</i>
3.1.1.6	<i>Reservatório .....</i>	<i>6</i>
3.1.1.7	<i>Rede de distribuição .....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água .....</i>	<i>7</i>
3.1.2.1	<i>Método e Terminologia do Balanço Hídrico .....</i>	<i>8</i>
3.1.2.1.1	<i>Volume Faturado Medido (VFM) .....</i>	<i>9</i>
3.1.2.1.2	<i>Volume Faturado Não Medido (VFNM) .....</i>	<i>10</i>
3.1.2.1.3	<i>Volume Faturado (VF) .....</i>	<i>10</i>
3.1.2.1.4	<i>Consumo Autorizado Faturado (CAF) .....</i>	<i>10</i>
3.1.2.1.5	<i>Volume Não Faturado Medido (VNFM) .....</i>	<i>10</i>
3.1.2.1.6	<i>Volume Não Faturado Não Medido (VNFNM) .....</i>	<i>11</i>
3.1.2.1.7	<i>Consumo Autorizado Não Faturado (CANF) .....</i>	<i>11</i>
3.1.2.1.8	<i>Consumo Autorizado (CA) .....</i>	<i>11</i>
3.1.2.1.9	<i>Submedição dos Hidrômetros e Erros no Manuseio de Dados .....</i>	<i>11</i>
3.1.2.1.10	<i>Perdas Aparentes .....</i>	<i>12</i>
3.1.2.1.11	<i>Consumo Não Autorizado (CNA) .....</i>	<i>12</i>
3.1.2.1.12	<i>Volume de Entrada (VE) .....</i>	<i>12</i>
3.1.2.1.13	<i>Perdas Reais .....</i>	<i>12</i>
3.1.2.1.14	<i>Perdas de Água .....</i>	<i>12</i>
3.1.2.2	<i>Controle de Perdas .....</i>	<i>13</i>

3.1.2.2.1	<i>Controle de Perdas Reais</i>	14
3.1.2.2.2	<i>Controle de Perdas Aparentes</i>	17
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
4.1.1	<i>Coleta de Dados</i>	20
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS</b>	<b>24</b>
5.1	Uso de Estimativas	24
5.1.1	<i>Perdas Aparentes</i>	25
5.1.1.1	<i>Submedição</i>	26
5.1.1.2	<i>Consumo Não Autorizado</i>	30
5.1.2	<i>Perdas Reais</i>	32
5.2	Desempenho dos Prestadores	32
5.2.1	<i>Volume de Entrada</i>	32
5.2.2	<i>Perdas de Água</i>	37
5.2.3	<i>Perdas Aparentes</i>	44
5.2.4	<i>Perdas Reais</i>	53
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades componentes de um Sistema de Abastecimento de Água.....	3
Figura 2 – Reservatórios em relação ao terreno. ....	6
Figura 3 – Representação do índice de perdas de água na distribuição dos prestadores participantes do SNIS em 2015, em intervalos percentuais, por estado. ....	8
Figura 4 – Matriz do Balanço Hídrico. ....	9
Figura 5 – Classificação dos vazamentos. ....	14
Figura 6 – Componentes das perdas reais e suas ações de controle. ....	15
Figura 7 – Ações de controle de perdas reais. ....	15
Figura 8 - Ações de controle de perdas reais. ....	18
Figura 9: Margem de Erro atribuída por EMBASA e COMPESA ao Volume de Entrada. ....	24
Figura 10: Margem de Erro atribuída por EMBASA e COMPESA ao volume de Perdas de Água. ....	25
Figura 11 – IDM dos micromedidores do rol comum em Feira de Santana para os 15 anos iniciais. ....	27
Figura 12 – IDM dos micromedidores do rol especial em Feira de Santana para os 15 anos iniciais. ....	27
Figura 13 – IDM em Mogi das Cruzes – SP para os 15 anos iniciais. ....	28
Figura 14 – CNA (em porcentagem do VE) como sugerido pelo Ministério das Cidades para os municípios que não possuem estudos sobre tais volumes. ....	32
Figura 15 - Percentuais de Consumo Autorizado e Perdas de Água dos prestadores (em relação ao Volume de Entrada). ....	33
Figura 16 - Saldo do Volume de Entrada dos prestadores entre Consumo Autorizado e Perdas de Água. ....	34
Figura 17 – Contribuição para o Volume de Entrada de Consumo Autorizado e Perdas de Água. ....	35
Figura 18 – Perdas de Água (em % do Volume de Entrada). ....	37
Figura 19 - Volumes de Perdas Aparentes e Perdas Reais (em % de Perdas de Água). ....	38
Figura 20 – Saldo percentual entre Perdas Reais e Perdas Aparentes. Barras vermelhas indicam porcentagem diferencial de Perdas Reais e barras azuis indicam	

porcentagem diferencial de Perdas Aparentes.....	39
Figura 21 – Distribuição das Perdas Aparentes e das Perdas Reais dentro das Perdas de Água.....	40
Figura 22 – Perdas Aparentes (em % do VE).....	41
Figura 23 – Perdas Aparentes (em % de Perdas de Água).....	42
Figura 24 - Perdas Reais (em % do VE).....	43
Figura 25 - Perdas Reais (em % das Perdas de Água).....	44
Figura 26 – Submedição e CNA (em % das Perdas Aparentes).....	45
Figura 27 – Saldo de Submedição em relação ao Consumo não Autorizado.....	46
Figura 28 - Distribuição das Perdas Aparentes.....	47
Figura 29 – Submedição (em % das Perdas Aparentes).....	48
Figura 30 - Submedição (em % de Perdas de Água).....	49
Figura 31 - Submedição (em % do Volume de Entrada).....	50
Figura 32 - Consumo Não Autorizado (em % de Perdas Aparentes).....	51
Figura 33 - Consumo Não Autorizado (em % de Perdas de Água).....	52
Figura 34 - Consumo Não Autorizado (em % do Volume de Entrada).....	53
Figura 35 – Vazamentos/extravasamentos segundo EMBASA, COMPESA e CAESB.....	54
Figura 36 – Distribuição média dos componentes de Perdas Reais.....	54
Figura 37 – Vazamentos em Ramais (em % das Perdas de Água).....	55
Figura 38 – Vazamentos em Ramais (em % do Volume de Entrada).....	56
Figura 39 – Vazamentos em Redes (em % das Perdas de Água).....	57
Figura 40 – Vazamentos em Redes (em % do Volume de Entrada).....	57
Figura 41 - Síntese das Perdas de Água nos sistemas da chamada pública do Ministério das Cidades.....	59
Figura 42 - Síntese das Perdas de Água nos sistemas dos prestadores EMBASA, COMPESA e CAESB.....	60
Figura 43 - Distribuição média dos tipos de perdas no volume de Perdas de Água.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistemas de abastecimento de água cujos Balanços Hídricos foram avaliados. ....	22
Tabela 2 – Estimativas de Desempenho da Micromedição dos prestadores analisados. ....	29
Tabela 3 – Estimativa do CNA, em porcentagem do Volume de Entrada, conforme sugestão do Ministério das Cidades para os municípios que não possuem estudos sobre tais volumes. ....	31
Tabela 4 – Percentual do Perdas de Água em relação ao Volume de Entrada em cada sistema analisado.....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESBE	Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
CA	Consumo Autorizado
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CAF	Consumo Autorizado Faturado
CAJ	Companhia Águas de Joinville
CANF	Consumo Autorizado Não Faturado
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CNA	Consumo Não Autorizado
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
COMUSA	Serviços De Água E Esgoto De Novo Hamburgo
DAE	Departamento de Água e Esgoto
DAEV	Departamento de Águas e Esgotos de Valinhos
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgotos
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBNET	<i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IDM	Índice de Desempenho Metrológico
IWA	<i>International Water Association</i>
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAE	Superintendência de Água e Esgotos
SAEC	Superintendência de Água e Esgoto de Catanduva
SAEG	Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá
SAMAE	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SEMAE	Serviço Municipal de Água e Esgoto
SeMAE	Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto
SANEAR SC	Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental
SIF	Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
UF	Unidade Federativa
VE	Volume de Entrada
VF	Volume Faturado
VFM	Volume Faturado Medido
VFNM	Volume Faturado Não Medido
VNFM	Volume Não Faturado Medido
VNFNM	Volume Não Faturado Não Medido
VRP	Válvula Redutora de Pressão



## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, destacou-se uma crescente preocupação com o gerenciamento de perdas de água nos sistemas de abastecimento no Brasil. Fatores como o crescimento desordenado das cidades, o envelhecimento dos sistemas e a falta de controle de volumes prestados impactam de maneira sólida no domínio sobre o aproveitamento desse bem vital.

De acordo com o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2015), a média brasileira de perdas na atualidade é de 36,7%, em contraste com países que já conseguiram reduzi-las para aproximadamente 10%, a exemplo da Alemanha e do Japão.

Por meio da *Water Loss Task Force*, força-tarefa em cinco países (AWWA, 2012), a *International Water Association – IWA* –, que segue trabalhando sobre o tema da elevação do nível do desempenho operacional dos SAAs desde 1995 (AESBE, 2015), desenvolveu uma técnica denominada Balanço Hídrico *Top-Down*, a partir da qual, considerando uma série de variáveis, as perdas de um sistema podem ser determinadas. Ao analisar os pontos de maior interesse na investigação dos problemas quantitativos relacionados à distribuição de água, é importante fazer-se claro que as perdas de água devem distinguir-se, de acordo com a IWA, entre reais e aparentes, as quais representam parcelas distintas no cálculo do balanço hídrico. Nesse contexto, as perdas reais referem-se basicamente aos vazamentos do sistema (ineficiência da infraestrutura), ao passo que medições e manuseio de dados realizados de maneira equivocada, bem como consumos que não são autorizados, correspondem às perdas aparentes (ineficiência administrativa e comercial).

Em vista da problemática em questão, este trabalho busca agregar a bibliografia relacionada ao tema e realizar um estudo de caso com base em dados do Balanço Hídrico fornecidos por sistemas de abastecimento de água de diferentes prestadores, em municípios da Bahia, de Pernambuco, de São Paulo, de Santa Catarina, de Minas Gerais, do Rio Grande do Sul, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e no Distrito Federal.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar um estudo de casos múltiplos com base em dados do Balanço Hídrico referentes a sistemas de abastecimento de água de diferentes prestadores, em municípios de oito estados brasileiros (Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo) e no Distrito Federal.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar as estimativas de volumes de perdas de água no cálculo do Balanço Hídrico por parte dos prestadores;
- Avaliar o comportamento das perdas dos sistemas de abastecimento apurados e
- Comparar os sistemas coletivamente, por meio do destaque dos primeiros e últimos colocados, segundo as perdas e respectivos componentes.

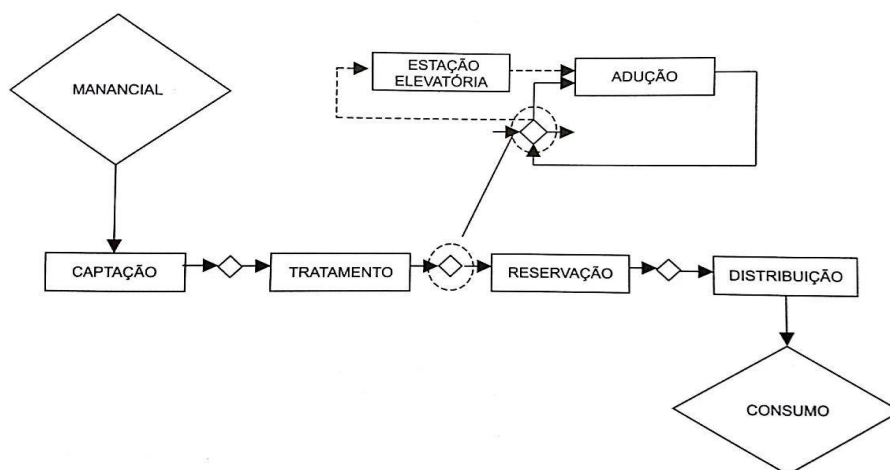
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com o Art. 5º da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, um sistema de abastecimento de água (SAA) para consumo humano é uma “instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição” (Ministério da Saúde, 2011).

Fundamentalmente, um Sistema de Abastecimento de Água dispõe de unidades de produção, que integram as instalações a montante do primeiro reservatório do sistema, e as de distribuição. Enquanto a captação, a adução de água bruta, tratamento e a adução de água tratada constituem as unidades de produção, as unidades de distribuição incluem os reservatórios e a rede de distribuição. A Figura 1 mostra um esquema simplificado do caminho percorrido pela água desde o manancial, onde é captada, até o consumo a partir da rede de distribuição.

**Figura 1 – Unidades componentes de um Sistema de Abastecimento de Água.**



(Fonte: HELLER, 2010)

### *3.1.1 Elementos do Sistema de Abastecimento de Água*

#### *3.1.1.1 Manancial*

Manancial é o corpo de água a partir do qual o sistema é alimentado. Além da qualidade da água, são de grande relevância para a escolha de um manancial sua localização, seus custos de instalação e operação, sua capacidade de fornecimento de vazão suficiente para suprir a demanda dentro do período de projeto, entre outros fatores. Os mananciais podem ser dos tipos: subterrâneo (confinado e não confinado); superficial (com e sem acumulação) e água de chuva.

#### *3.1.1.2 Captação*

A captação é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento de água (ABNT/1992). Pode ser de formas distintas, em conformidade com o tipo de manancial, que pode ser um rio, um córrego, um lago ou uma represa. A ação de agentes intempéricos deve ser levada em consideração ao realizar um projeto de captação.

#### *3.1.1.3 Adução*

A canalização que se encarrega de transportar água, interligando as unidades que precedem a rede de distribuição, é denominada adutora. As adutoras podem ser de água bruta ou de água tratada, em função da água que transportam.

#### *3.1.1.4 Estações elevatórias*

Em função do relevo local, pode-se fazer necessário recalcar água para que atinja unidades que estejam em níveis mais elevados. Tal atribuição é desempenhada

pelas estações elevatórias, que são classificadas segundo o tipo de água recalçada (bruta ou tratada) e o tipo de bomba.

### *3.1.1.5 Estação de Tratamento de Água*

A ETA (Estação de Tratamento de Água) constitui-se em um conjunto de unidades que visam a tratar a água de modo a adequar suas características aos padrões de potabilidade. Com exceção da água utilizada para lavagem e usos auxiliares, tais unidades proporcionam o escoamento por gravidade desde a entrada da água bruta até a saída da água tratada no processo. O percurso inclui (BEZERRA e CHEUNG, 2013):

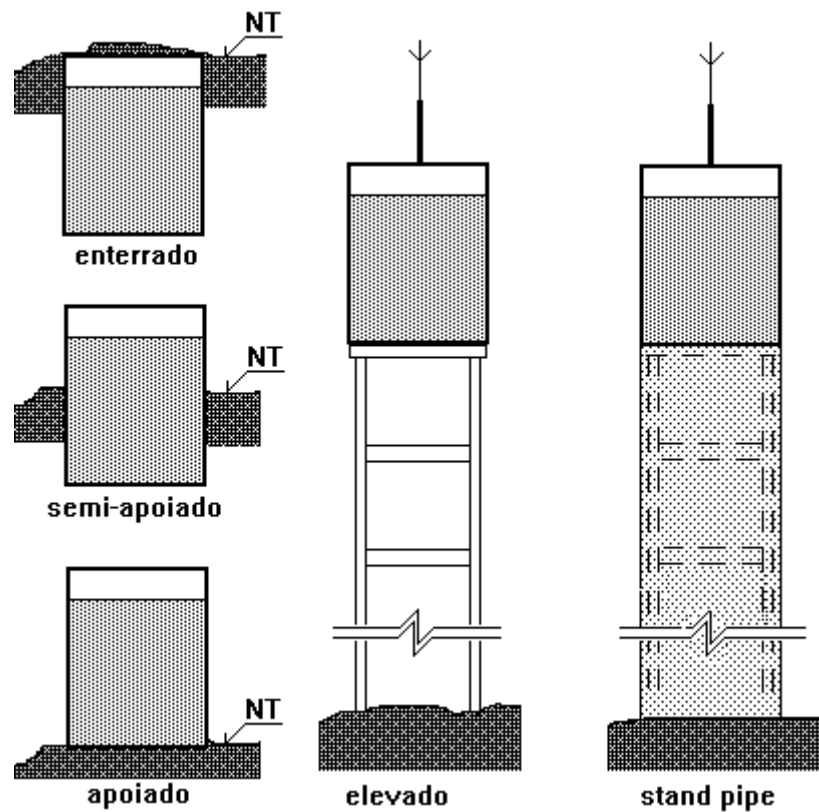
- Grades: utilizadas quando circunstâncias especiais não permitem sua localização na captação. Destinam-se à retenção de materiais grosseiros presentes na água.
- Aeradores: introduzem ar, que passa ter maior contato com a água, para facilitar troca de compostos voláteis e gases indesejáveis.
- Mistura rápida: dispersão de produtos químicos na água a ser tratada, em particular, no processo de coagulação, para o qual são destinadas as disposições seguintes:
  - Floculador: unidades utilizadas para promover a agregação de partículas formadas na mistura rápida. Na floculação, a água coagulada movimenta-se lentamente dentro dos tanques, de tal forma, que os flocos se misturam, ganhando peso e volume.
  - Decantador: unidade destinada à remoção de partículas presentes na água, pela ação da gravidade. A água passa por tanques para que os flocos formados anteriormente separem-se da água, sedimentando-se, no fundo dos tanques.
  - Filtros: unidades retêm a sujeira que restou da fase de decantação. A água atravessa as diferentes camadas de carvão antracito, areia e cascalho e passa a ter um aspecto cristalino.
  - Tanque de contato: para finalizar o processo de tratamento, a água ainda recebe produtos destinados à correção do pH, desinfecção e

fluoretação.

### 3.1.1.6 Reservatório

Com a finalidade de compensar as variações entre as vazões de adução, que em geral variam pouco, e as vazões de consumo, que oscilam substancialmente em função do dia e da hora, são instalados reservatórios no sistema de distribuição, que devem ainda condicionar as pressões na rede. Em função de sua posição no terreno, pode ser apoiado, elevado, semienterrado ou enterrado (Figura 2).

Figura 2 – Reservatórios em relação ao terreno.



(Fonte: MEDEIROS, 2009)

### 3.1.1.7 Rede de distribuição

A rede de distribuição, composta por tubulações, conexões e peças especiais, é a parte do abastecimento que se destina a distribuir água, de maneira contínua e

em quantidade e pressão apropriadas, aos consumidores residenciais, comerciais, industriais e públicos. Nesse âmbito, em virtude de diversas condições como densidade demográfica e topografia da região onde a água é colocada à disposição, as redes de distribuição podem assumir relevante complexidade.

### 3.1.2 *Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água*

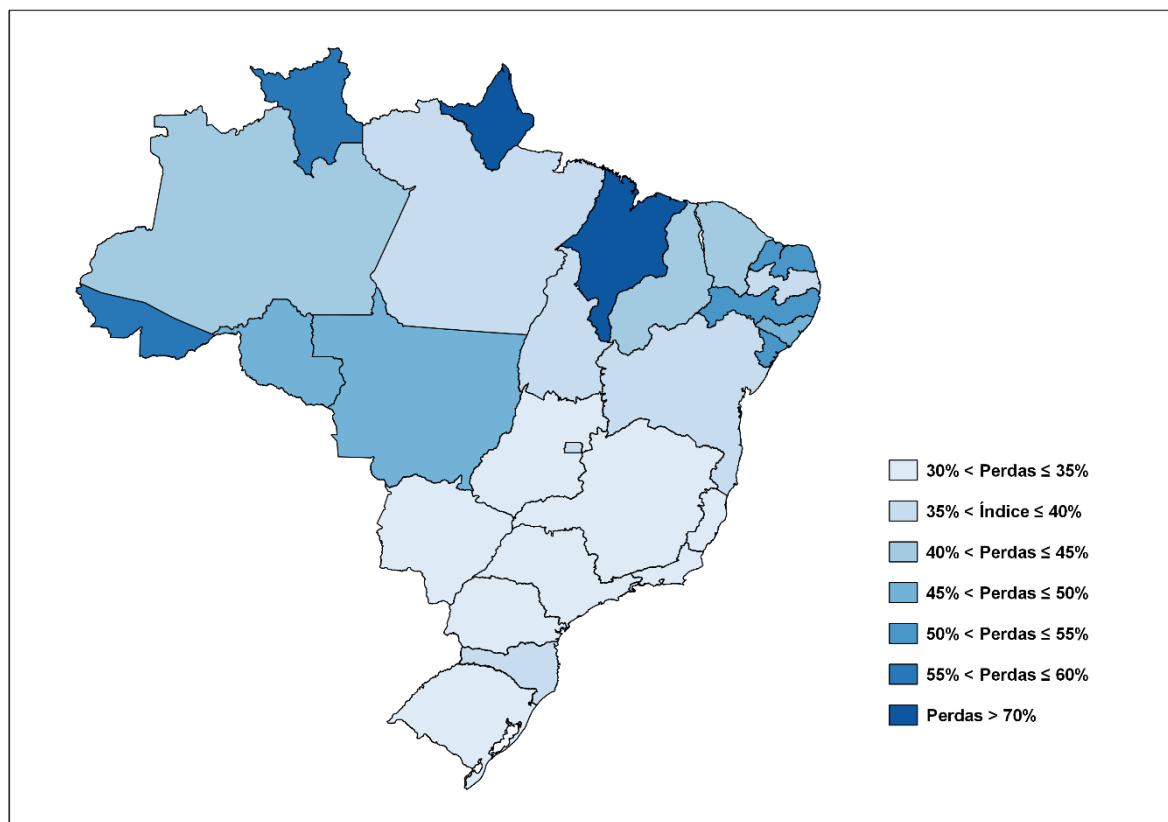
De acordo com Miranda (apud HELLER, 2010):

As elevadas perdas de água tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento brasileiros. Contribuem para tal situação, entre outros motivos, a baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas; a pouca disponibilidade de recursos para investimentos, sobretudo em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas; a cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; e as decisões pragmáticas de ampliação da carga hidráulica e extensão de redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia.

Segundo dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), no Diagnóstico de Serviços de Água e Esgotos - 2015 (SNIS, 2017), o índice de perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil em 2015 é, em média, de 36,7%, valor que não sinaliza diminuição ou aumento em relação ao ano anterior.

A Figura 3 mostra a distribuição dos índices de perdas no território brasileiro.

**Figura 3 – Representação do índice de perdas de água na distribuição dos prestadores participantes do SNIS em 2015, em intervalos percentuais, por estado.**



(Fonte: Autor, com base em SNIS, 2017)

### 3.1.2.1 Método e Terminologia do Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico refere-se à técnica desenvolvida pela *International Water Association* no intuito de investigar a origem das perdas de água de maneira padronizada, uma vez que uma série de sistemas e conceitos desenvolvidos anteriormente divergem uns dos outros, gerando empecilhos à compreensão universal de cada etapa do processo. Desse modo, o método traz a padronização de definições fundamentais para todas as companhias de saneamento.

De acordo com Bezerra e Cheung (2013):

Internacionalmente, o Balanço Hídrico é conhecido como aplicação Top-Down, justamente por iniciar a avaliação das perdas por meio do cálculo do balanço hídrico de “cima para baixo”, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água efetivamente consumido. Neste método, são feitas hipóteses para determinar as perdas aparentes e, pela diferença, chega-



se então às estimativas de perdas reais.

Uma abordagem Bottom-Up, por outro lado, calcula as perdas aparentes com base no volume total de perdas e na parcela de perdas reais, a qual é determinada a partir do monitoramento contínuo das vazões mínimas noturnas. Em vista disso, Miranda (2010) ressalta que, mesmo empregando o método Top-Down, é recomendável confrontar os resultados das perdas reais com aqueles calculados pelo procedimento Bottom-up.

A Figura 4 indica os componentes que regem o método do Balanço Hídrico.

**Figura 4 – Matriz do Balanço Hídrico.**



(Fonte: AESBE, 2015)

As definições atribuídas aos termos empregados no Balanço Hídrico (AWWA, 2012) são as seguintes:

### 3.1.2.1.1 Volume Faturado Medido (VFM)

O Volume Faturado Medido corresponde ao volume anual de água medido pelos hidrômetros instalados nas ligações de água que deram origem ao faturamento.

#### *3.1.2.1.2 Volume Faturado Não Medido (VFNM)*

O Volume Faturado Não Medido corresponde ao volume anual de água entregue nas ligações sem hidrômetros e que foram faturadas. As estimativas utilizadas para efeito de faturamento podem estar distantes da realidade, sobrestimadas ou subestimadas. No primeiro caso, o volume excedente da estimativa considerada mais realista deve ser desprezado, ao passo que, na subestimação, haverá uma parcela adicional de consumo autorizado não medido não faturado para compensar o volume de água anual entregue.

#### *3.1.2.1.3 Volume Faturado (VF)*

O Volume faturado é a soma do Volume Faturado Medido com o Volume Faturado Não Medido.

#### *3.1.2.1.4 Consumo Autorizado Faturado (CAF)*

O Consumo Autorizado Faturado corresponde ao Volume Faturado. O termo serve para se contrapor a “Consumo Não Autorizado” e “Consumo Autorizado Não Faturado”.

#### *3.1.2.1.5 Volume Não Faturado Medido (VNFM)*

O Volume Não Faturado Medido diz respeito aos volumes anuais medidos, cujo uso é autorizado pelo prestador de serviços, mesmo sem a geração de faturamento. Usos próprios, purgas de rede, lavagem de reservatórios e combate a incêndios, quando medidos, são exemplos da parcela em questão. É importante afirmar que, nesse enquadramento, o combate a incêndios é incondizente com a realidade observada no Brasil.

#### *3.1.2.1.6 Volume Não Faturado Não Medido (VNFNM)*

O Volume Não Faturado Não Medido constitui-se de volumes anuais não medidos, ou seja, estimados, cujo uso é autorizado pelo prestador de serviços, mesmo sem a geração de faturamento. Também são exemplos do VNFNM usos próprios, purgas de rede, lavagem de reservatórios e combate a incêndios, entre outros, quando não medidos.

#### *3.1.2.1.7 Consumo Autorizado Não Faturado (CANF)*

O Consumo Autorizado Não Faturado é a soma da parcela Volume Não Faturado Medido e Volume Não Faturado Não Medido. A Câmara Técnica de desenvolvimento Operacional da AESBE divide o CANF em três classes: usos operacionais e administrativos, usos especiais e diferenças na estimativa de Consumo Não Medido Faturado.

#### *3.1.2.1.8 Consumo Autorizado (CA)*

O Consumo Autorizado compõe a soma de Consumo Autorizado Faturado com Consumo Autorizado Não Faturado.

#### *3.1.2.1.9 Submedição dos Hidrômetros e Erros no Manuseio de Dados*

A IWA/AWWA (AWWA, 2012) define esta terminologia como os volumes anuais de água entregues a usuários que deixaram de ser registrados pelos hidrômetros, por ineficiências destes. Inclui ainda volumes não registrados devido a práticas erradas de leitura ou qualquer tipo de violação à integridade dos dados medidos pelos hidrômetros.

#### 3.1.2.1.10 *Perdas Aparentes*

As Perdas Aparentes correspondem à soma dos Volumes de Consumo Não Autorizado com os Volumes de Submedição dos Hidrômetros e Erros no Manuseio de Dados.

#### 3.1.2.1.11 *Consumo Não Autorizado (CNA)*

O Consumo Não Autorizado se refere aos volumes anuais de água entregues a usuários de forma não autorizada pelo prestador de serviços, como no caso de fraudes nos medidores, by-passes e ligações clandestinas, ou outras formas peculiares à realidade do prestador de serviços.

#### 3.1.2.1.12 *Volume de Entrada (VE)*

O Volume de Entrada equivale ao volume anual de água que ingressou efetivamente no(s) sistema(s) distribuidor(es).

#### 3.1.2.1.13 *Perdas Reais*

As Perdas Reais correspondem ao volume anual que representa as perdas de água oriundas de vazamentos no sistema. São obtidas por meio da equação a seguir:

$$\text{Perdas Reais} = \text{Volume de Entrada} - (\text{Consumo Autorizado} + \text{Perdas Aparentes})$$

#### 3.1.2.1.14 *Perdas de Água*

A soma do volume de Perdas Aparentes com o volume de Perdas Reais é denominada Perdas de Água.

O cálculo dos componentes do Balanço Hídrico corresponde ao procedimento

por etapas a seguir (cf. BEZERRA & CHEUNG, 2013):

- I. Determinação do volume de água fornecido ao sistema (1ª coluna).
- II. Determinação do consumo faturado medido e o consumo faturado não medido na 4ª coluna. Introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (3ª coluna) e volume de água faturada (5ª coluna).
- III. Cálculo do volume de água não faturada (5ª coluna) subtraindo do volume de entrada (1ª coluna) a água faturada (5ª coluna).
- IV. Definição do consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido na 4ª coluna. Registrar o consumo autorizado não faturado na 3ª coluna.
- V. Introdução do resultado da soma dos volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado como consumo autorizado (2ª coluna).
- VI. Cálculo as perdas de água (2ª coluna) como a diferença entre a água entrada no sistema (1ª coluna) e o consumo autorizado (2ª coluna).
- VII. Estimativa das parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição (4ª coluna), somá-las e registrar o resultado em perdas aparentes (3ª coluna).
- VIII. Cálculo das perdas reais (3ª coluna) subtraindo das perdas de água (3ª coluna) as perdas aparentes (3ª coluna).
- IX. Estimativa das parcelas das perdas reais (4ª coluna) usando metodologias disponíveis (por exemplo, análise de vazões mínimas noturnas e modelagem), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (3ª coluna).

### 3.1.2.2 Controle de Perdas

Para melhor qualidade do serviço prestado pelas companhias de saneamento à população e melhor retorno dos investimentos no sistema de abastecimento para as próprias empresas, é necessário atenuar os volumes de perdas.

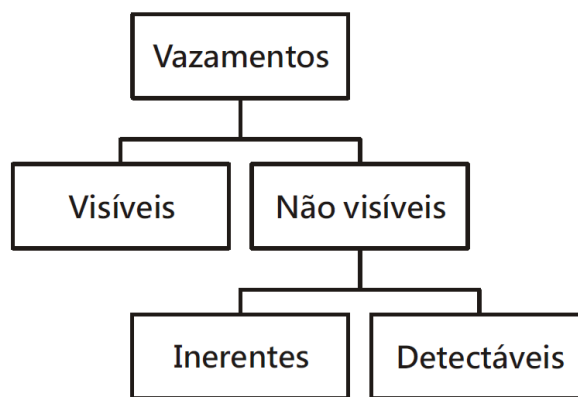
As primeiras iniciativas institucionais para combater as perdas foram implementadas na SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – no fim dos anos 1970. Ao longo dos anos, com os novos aportes tecnológicos e as melhorias dos sistemas de gerenciamento, as

possibilidades de gestão se ampliaram, o que não significa, porém, que estejam sendo aplicadas em larga escala (TSUTIYA, 2014).

### 3.1.2.2.1 Controle de Perdas Reais

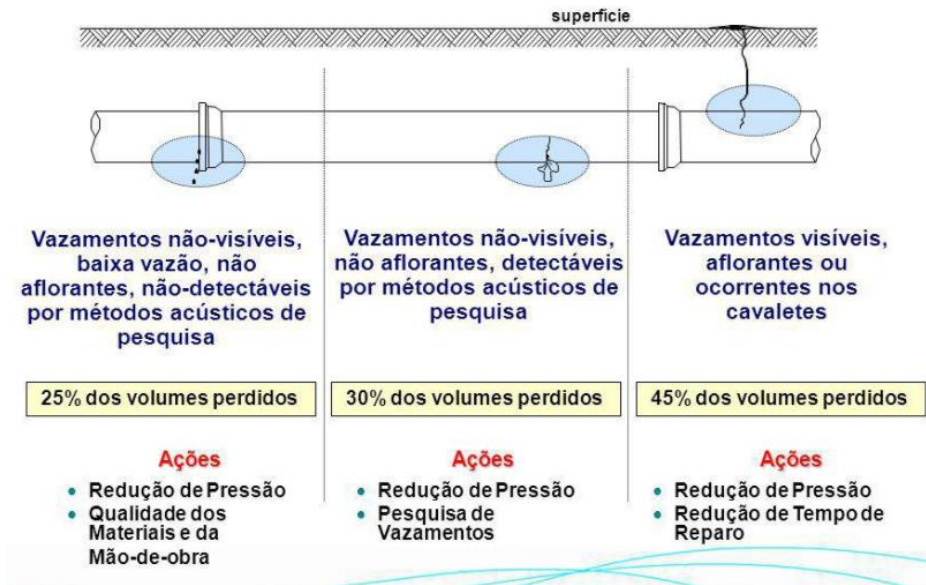
Para a concepção de táticas de controle em relação às perdas reais, estas devem ser categorizadas conforme a Figura 5 e a Figura 6.

**Figura 5 – Classificação dos vazamentos.**



**(Fonte: BEZERRA & CHEUNG, 2013)**

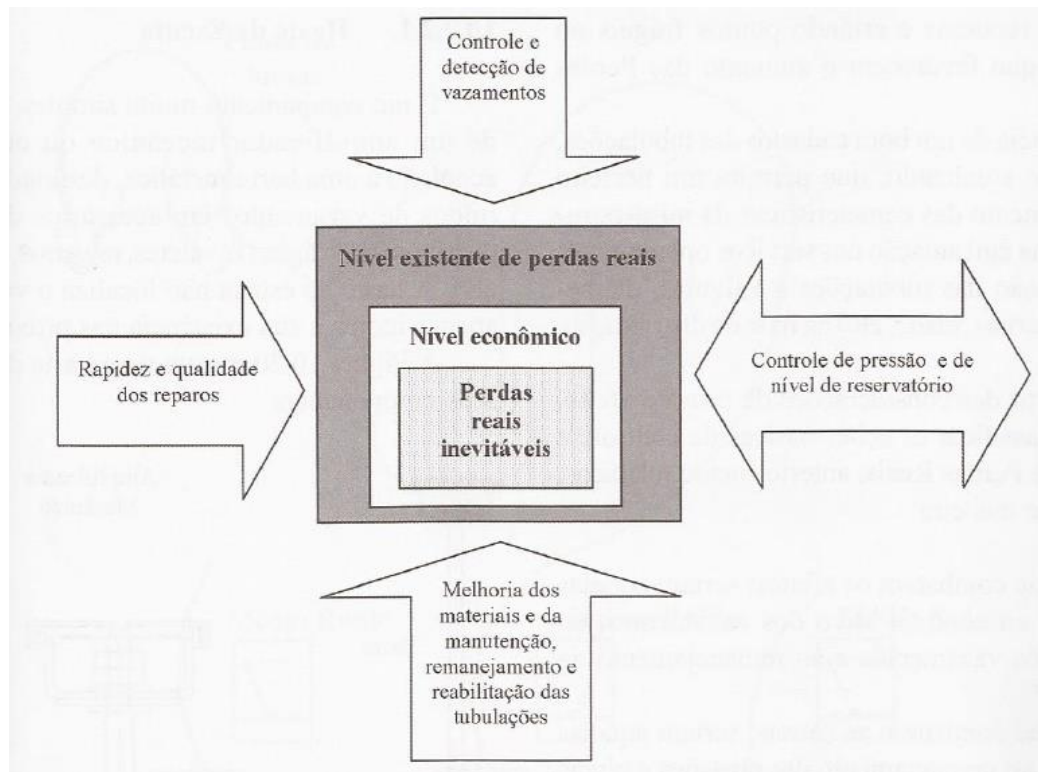
Figura 6 – Componentes das perdas reais e suas ações de controle.



(Fonte: YOSHIMOTO, 2004)

Thornton (2002 apud Tsutiya, 2014) define os componentes de Perdas Reais conforme a Figura 7.

Figura 7 – Ações de controle de perdas reais.



(Fonte: THORNTON, 2002 apud TSUTIYA, 2014)

De acordo com o esquema da Figura 7, existem, contidos no nível existente de perdas reais de um sistema, outros dois níveis de perdas: o nível econômico de perdas reais e o nível de perdas reais inevitáveis. A área entre o quadrado maior e o quadrado menor indica o volume de perdas recuperável.

O nível econômico de perdas indica o patamar a partir do qual é economicamente inviável combater as perdas reais. Em outras palavras, o custo de combatê-las é maior que o benefício gerado.

O controle e a detecção de vazamentos, componente indicado na Figura 7, representa o trabalho que se empenha em localizar vazamentos não-visíveis. Nesse sentido, empregam-se equipamentos de detecção acústica, como a haste de escuta, o geofone, o correlacionador de ruídos e outros instrumentos auxiliares. Considerado ativo, tal controle se opõe à recorrente circunstância em que a empresa somente age a partir da detecção de vazamentos visíveis, quando a água aflora à superfície.

Em relação ao componente “Rapidez e qualidade dos reparos”, o tempo reduzido entre a constatação de um vazamento (visível ou não-visível) e seu respectivo restauro depende de fatores como as características culturais da população e sua facilidade de comunicação com o prestador. Embora tais reparos impliquem em custos, cumprem importante papel na manutenção de uma boa imagem por parte das empresas.

A inscrição na seta ascendente da Figura 7 corresponde à melhoria da condição de infraestrutura do sistema de distribuição, cuja vida útil advém fortemente da qualidade dos materiais, das condições físico-químicas do solo, da mão-de-obra que desempenha os serviços e das proteções contra a corrosão em tubulações de material metálico.

O remanejamento de redes corresponde à troca das tubulações por parte do prestador, na medida em que cumpre papel significativo na manutenção da vida útil das redes. Nesse contexto, pode ter enfoque na melhoria das condições tanto hidráulicas – trechos com incrustações, que acarretam altas perdas de carga – quanto estruturais – trechos com elevadas taxas de vazamentos – dos tubos. Entretanto, o predomínio das obras de remanejamento de redes se dá em áreas densamente urbanizadas e exige a utilização de métodos construtivos não-destrutivos, como o Método de Inserção (“Sliplining”), em que o tubo é limpo e outro, de menor diâmetro, é inserido. Por esse motivo, tal intervenção gera elevados custos às empresas.



A reabilitação de tubulações, por outro lado, geralmente tem o propósito de melhoramento hidráulico e, ao tornar possível trabalhar com pressões mais reduzidas, contribui-se para a diminuição das perdas por vazamentos.

Com relação a controle de pressão, segundo Tsutiya (2014):

Há ainda um entendimento equivocado de muitos profissionais da área operacional, especialmente aqueles que militam na gestão do abastecimento de água, de que pressões elevadas na rede refletem um bom padrão de atendimento dos serviços de suprimento de água potável. A operação com níveis de pressão que atendam aos mínimos especificados nas horas de consumo máximo representam um referencial importante para se balizar. Pressões elevadas podem, inclusive, prejudicar o cliente, ao propiciar também mais e maiores vazamentos no trecho entre o hidrômetro e a caixa d'água domiciliar, que está submetido aos mesmos patamares de pressão do sistema. Essas perdas representarão um ônus para o cliente, na medida que esta água será contabilizada e faturada pela companhia de saneamento. Pressões excessivas também ocasionam danos nos dispositivos de controle de nível das caixas d'água domiciliares (válvula de boia), com ocorrências de extravasamentos não percebidos pelo cliente, principalmente nos horários noturnos.

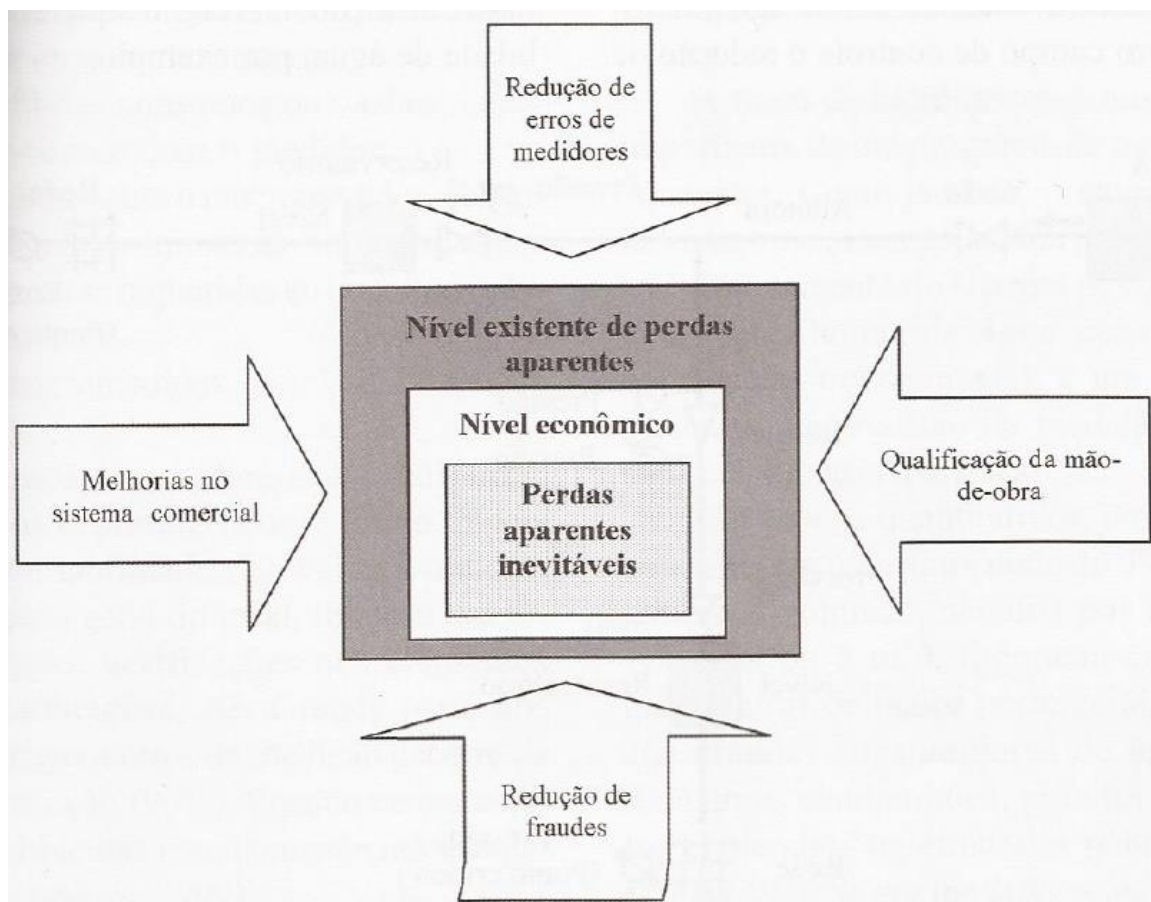
Nesse cenário, configuram-se como soluções para o problema das pressões a setorização (zoneamento clássico a partir do reservatório apoiado ou enterrado), a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs) e os “boosters”.

A necessidade de controle do nível dos reservatórios para diminuição das perdas reais, a qual também consta na Figura 7, realiza-se devido à existência de extravasamentos decorrentes de falhas dos operadores, quando do acionamento manual das válvulas, e dos equipamentos automáticos de segurança operacional. Para combater esse tipo de adversidade, basicamente são definidos níveis operacionais escalonados em termos de risco, como “Limite Baixo”, “Limite Alto”, “Limite da Boia” e “Limite de Extravasamento”, aos quais são associadas ações operacionais, como alarme ou fechamento automático da válvula.

#### *3.1.2.2.2 Controle de Perdas Aparentes*

Os componentes das Perdas Aparentes são apresentados por Thornton (2002 apud TSUTIYA, 2014) (Figura 8).

**Figura 8 - Ações de controle de perdas aparentes.**



(Fonte: THORNTON, 2002 apud TSUTIYA, 2014)

Analogamente ao esquema da Figura 7, a Figura 8 também indica que existem outros dois níveis de perdas contidos no nível existente de perdas aparentes de um sistema: o nível econômico de perdas e o nível de perdas inevitáveis. Da mesma forma, embora certa parcela não apresente vantagem econômica, a área entre o nível corrente e o nível de perdas aparentes inevitáveis representa o volume de perdas recuperável.

Em prol da redução de erros dos medidores, são fundamentais medidas como:

- Correta especificação dos medidores;
- Adequada instalação de medidores e hidrômetros;
- Troca corretiva e preventiva de hidrômetros e
- Calibração (acerto da inclinação) periódica de medidores.

As melhorias no sistema comercial envolvem o constante aperfeiçoamento do sistema de gestão comercial da empresa. Para isso, deve ser dada celeridade ao

cadastramento de novas ligações de água no sistema comercial e às atividades para detectar falhas no cadastro comercial. Dessa maneira, podem ser eliminadas as ligações não-cadastradas, clandestinas ou retiradas do cadastro, porém reativadas sem ciência por parte do prestador.

No que tange às práticas fraudulentas, sua detecção pode ser por meio de denúncias da população, indícios levantados pelos leituristas de hidrômetros e por análises do histórico de consumo da ligação. O combate ao crime de fraude deve ser atividade perene das companhias de saneamento.

Por fim, a qualificação da mão-de-obra, item contribuinte para a redução de perdas aparentes, compreende seleção e treinamento adequados dos profissionais que fazem leitura dos hidrômetros e gestão comercial.

## 4 METODOLOGIA

Este trabalho adota, como base metodológica, pesquisa em bancos de dados referentes ao Balanço Hídrico em sistemas de abastecimento de água de diferentes prestadores, em uma série de municípios. Com suporte nas informações fornecidas pelas empresas e em bibliografia concernente ao tema, é realizada análise comparativa das estimativas utilizadas, dos SAAs em questão e finalmente do comportamento das perdas dentro da amostra.

Em adição, para ilustrar as diferenças percentuais entre os componentes principais do Volume de Entrada, das Perdas de Água e das Perdas aparentes, respectivamente, são utilizadas as equações descritas a seguir.

### **Equação 1:**

$$\text{Diferença no VE} = \text{CA (\%)} - \text{Perdas de Água (\%)}$$

### **Equação 2:**

$$\text{Diferença nas Perdas de Água} = \text{Perdas Reais (\%)} - \text{Perdas Aparentes (\%)}$$

### **Equação 3:**

$$\text{Diferença nas Perdas Aparentes} = \text{Submedição (\%)} - \text{CNA (\%)}$$

Além disso, para observar a representatividade de componentes do Balanço Hídrico em relação a outros, os percentuais dos volumes baseados são deduzidos com base em parâmetros, como o Volume de Entrada, as Perdas de Água, as Perdas Aparentes e as Perdas Reais.

Os sistemas apurados limitaram-se, em função da disponibilidade no período pesquisado, a 29 sistemas distribuídos entre oito estados brasileiros (BA, ES, MG, PE, RJ, RS, SC e SP) e o Distrito Federal, conforme descrição no tópico a seguir.

#### 4.1.1 Coleta de Dados

Na estratégia de obtenção de dados, foi encaminhada à Companhia de

Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB – solicitação de fornecimento dos dados do Balanço Hídrico referentes aos períodos de janeiro a dezembro dos anos 2015 e 2016, a qual foi concedida no mês de junho de 2017.

Os dados das companhias EMBASA e COMPESA foram extraídos de arquivos de domínio público. São apresentados em planilhas no formato Microsoft® Excel, preenchidas pelo Engenheiro Airton S. Gomes, nas quais o algoritmo de Balanço Hídrico, segundo descrito no próprio, é projetado de acordo com os conceitos da IWA/AWWA (AWWA, 2012) e baseado em margens de erro com Grau de Confiança de 95%.

Em relação à empresa baiana, referem-se ao período de 01/02/2014 a 01/02/2015 no bairro de Cabula, pertencente à cidade de Salvador, e ao período de 01/12/2013 a 01/12/2014 no município de Feira de Santana.

O material relativo ao prestador de Pernambuco engloba os municípios de Caruaru e de Salgueiro, respectivamente nos períodos de 01/04/2014 a 01/04/2015 e de 01/01/2014 a 01/01/2015.

Cálculos dos Balanços Hídricos de sistemas de abastecimento de água de municípios de outras regiões do Brasil, também de domínio público, foram igualmente incorporados ao presente trabalho, conforme a Tabela 1, que aponta todos os bancos de dados apurados.

**Tabela 1 – Sistemas de abastecimento de água cujos Balanços Hídricos foram avaliados.**

SISTEMA	MUNICÍPIO	UF	PRESTADOR	Nº DE PESSOAS ATENDIDAS
SIA Salvador - Cabula - Consolidação	Salvador (Cabula)	BA	EMBASA	702.536
Feira de Santana	Feira de Santana	BA	EMBASA	612.000
Caruaru	Caruaru	PE	COMPESA	314.912
Salgueiro	Salgueiro	PE	COMPESA	54.439
Distrito Federal	DF 2015	DF	CAESB	Não Informado
Distrito Federal	DF 2016	DF	CAESB	Não Informado
Pereira	Barretos	SP	SAAE Barretos	54.439
ETA - Batalha	Bauru	SP	DAE Bauru	54.439
Agua Limpas	Catanduva	SP	SAEC	118.521
ETA - Xavantes	Guaratinguetá	SP	SAEG	118.378
Município de Indaiatuba	Indaiatuba	SP	SAAE Indaiatuba	228.710
Região Leste - Jacareí/SP	Jacareí	SP	SAAE Jacareí	156.387
ETA Centro	Mogi das Cruzes	SP	SEMAE Mogi das Cruzes	247.244
Sistema ETA VI	Santa Bárbara d'Oeste	SP	DAE Santa Bárbara d'Oeste	187.352
Agua Limpas	São José do Rio Preto	SP	SeMAE São José do Rio Preto	103.053
Sistema Cerrado	Sorocaba	SP	SAAE Sorocaba	568.464
Município de Valinhos	Valinhos	SP	DAEV	106.776
Sistema de Abastecimento de Água de Blumenau	Blumenau	SC	SAMAE Blumenau	329.082
Município de Brusque	Brusque	SC	SAMAE Brusque	118.728
Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis (SIF)	Florianópolis	SC	CASAN	292.944
ETA Central	Jaraguá do Sul	SC	SAMAE Jaraguá do Sul	153.361
Águas de Joinville	Joinville	SC	CAJ	118.418
Município de Governador Valadares	Governador Valadares	MG	SAAE Governador Valadares	266.350
Ituiutaba	Ituiutaba	MG	SAE Ituiutaba	99.030
DMAE de Poços de Caldas	Poços de Caldas	MG	DMAE	159.690
Turvo	Viçosa	MG	SAAE	74.225
SAA - Sistema de Abastecimento de Água de Novo Hamburgo	Novo Hamburgo	RS	COMUSA	235.482
Município de Porto Alegre	Porto Alegre	RS	DMAE Porto Alegre	400.000
ETA Nova	Barra Mansa	RJ	SAAE Barra Mansa	54.439
Sistema de Abastecimento da Área Urbana de Colatina	Colatina	ES	SANEAR	107.952

**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

Neste caso, as planilhas preenchidas referem-se à “Chamada Pública para Seleção de Prestadores Interessados na Gestão das Perdas de Água e no Uso

Eficiente de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água”, realizada em 2016.

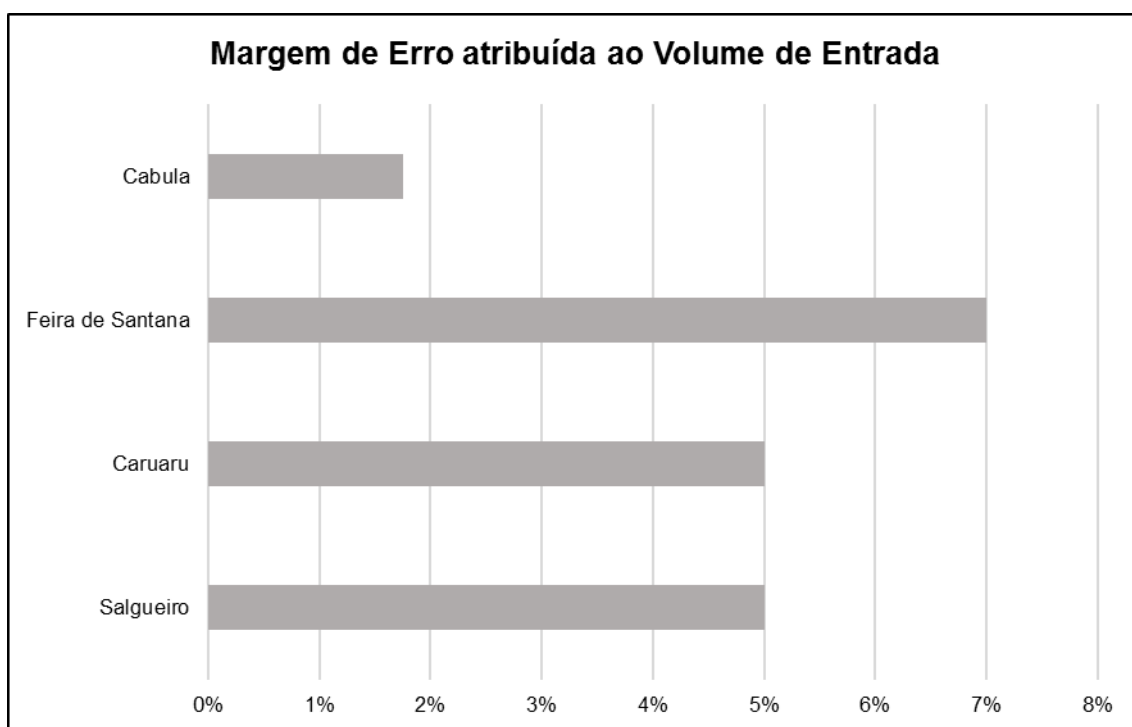
## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 USO DE ESTIMATIVAS

A partir das planilhas de dados, verifica-se que, sob uma visão global, os prestadores fornecem determinadas informações baseados em estimativas, as quais não provêm de análise sistemática precisa. Nesse sentido, é possível observar que os níveis de incerteza apresentados e consequentemente utilizados nos cálculos dos volumes são, de maneira geral, arbitrários.

Somente EMBASA e COMPESA forneceram dados das margens de erro utilizadas nos valores inseridos de Volume de Entrada e de Perdas de Água na matriz do Balanço Hídrico (Figura 9 e Figura 10).

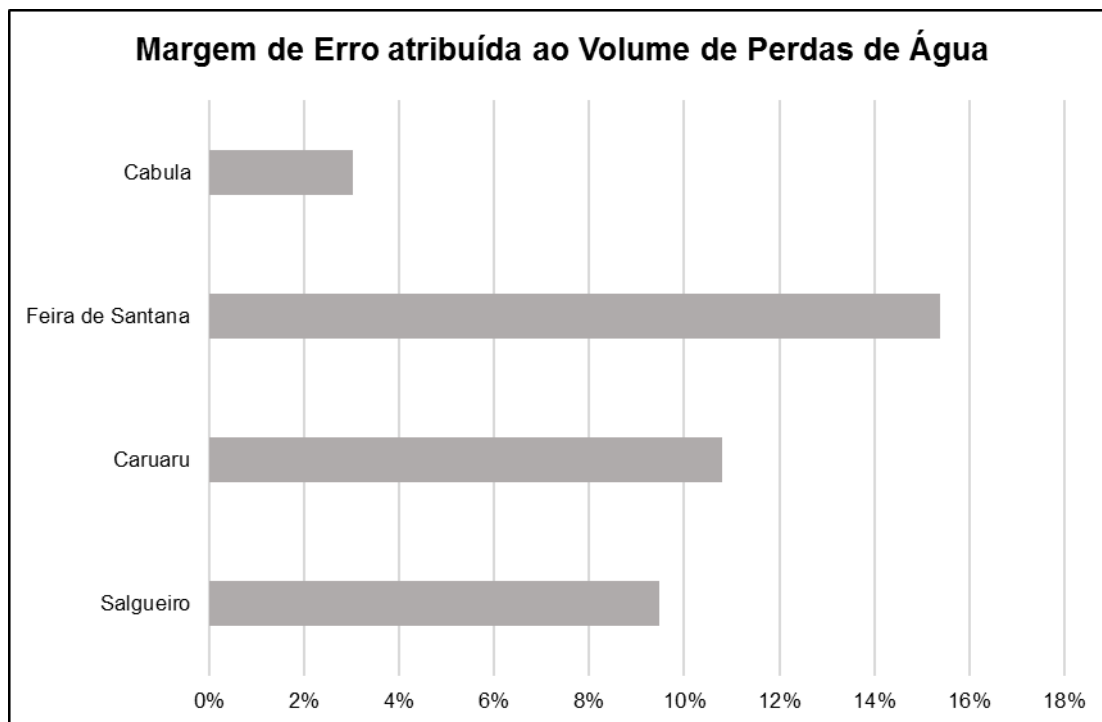
**Figura 9: Margem de Erro atribuída por EMBASA e COMPESA ao Volume de Entrada.**



(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA e COMPESA, 2013 a 2015)



**Figura 10: Margem de Erro atribuída por EMBASA e COMPESA ao volume de Perdas de Água.**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2015)**

Percebe-se, assim, que as margens de erro variam consideravelmente entre os dois sistemas da companhia EMBASA. Quanto ao Volume de Entrada, em Cabula, a margem é de 1,75%, mas em Feira de Santana, a porcentagem é fixada em 7%, 4 vezes maior. Tal disparidade é ainda superior na margem de erro estabelecida para o volume de Perdas de Água: o sistema baiano é cerca de 5 vezes maior que o de Pernambuco.

Nos dois casos, Caruaru e Salgueiro introduziram percentuais idênticos (para o Volume de Entrada) ou próximas (para o volume de Perdas de Água, diferença absoluta de 1,3%, aproximadamente).

### 5.1.1 Perdas Aparentes

Destacam-se nas empresas EMBASA e COMPESA a “Incerteza Expandida ( $\pm\%$ )” dos volumes de entrada, variando entre 1,75% e 7%, a depender da região, e a “Margem de erro da estimativa de submedição ( $\pm\%$ )”. Esta última é estabelecida em 20% para cada grupo de hidrômetros na planilha Feira de Santana, que os agrupa por

idade, porém tem igual valor (Caruaru) ou 30% (Cabula e Salgueiro) mesmo sem tal diferenciação.

As outras empresas estudadas não apresentaram números para estimativas de incerteza nesse âmbito.

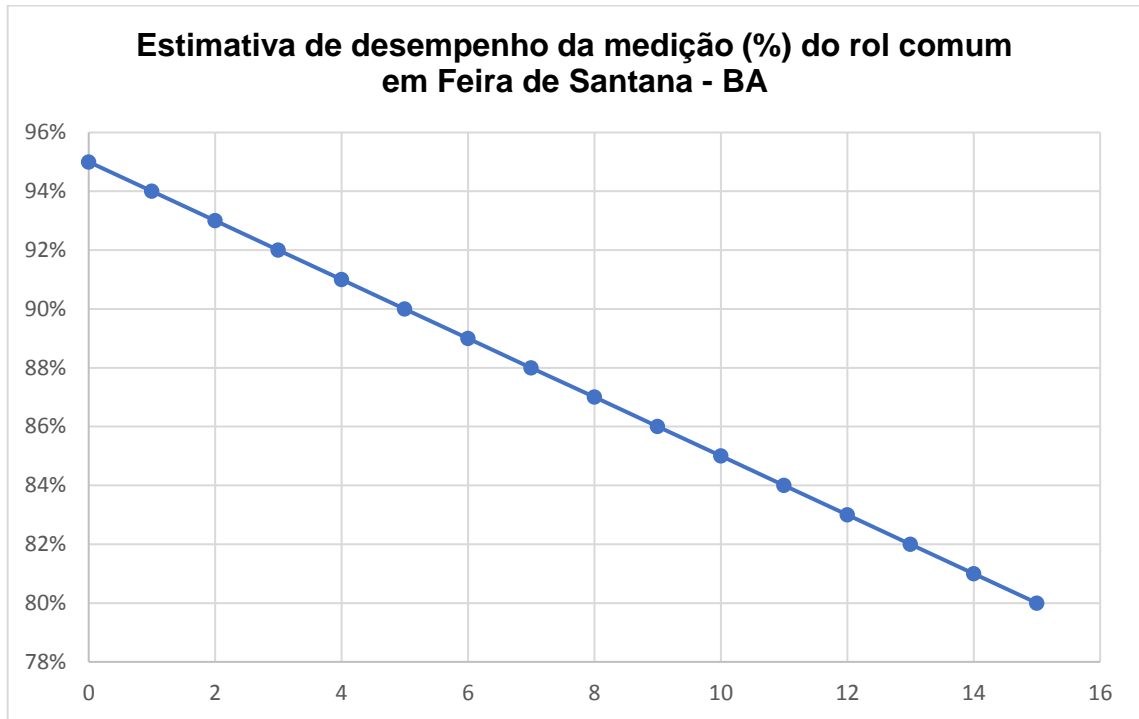
#### *5.1.1.1 Submedição*

Também no que tange ao cálculo do volume de submedição dos micromedidores, o IDM (Índice de Desempenho Metrológico) sofre diferenciação em função do tempo quando comparado o método da EMBASA em Feira de Santana com o método imposto pelo Ministério das Cidades para os municípios.

Assim, decorrente da inexistência de estudos capazes de avaliar o comportamento da aferição em função do tempo de instalação para o prestador da Bahia, supõe-se que a redução de efetividade anual de seus hidrômetros no rol comum, ocorre à taxa fixa de 1% ao ano, com desempenho inicial (tempo de instalação nulo) de 95%. No rol especial desse mesmo sistema, cujo IDM é apresentado somente a partir do decurso de 1 ano, a taxa anual é fixada em 2% e o desempenho relativo ao primeiro ano é de 98%. Por outro lado, o Ministério das Cidades estabelece o valor de 94% para todos os micromedidores recém-instalados, embora seu decréscimo ao longo dos anos seja idêntico ao utilizado pela EMBASA.

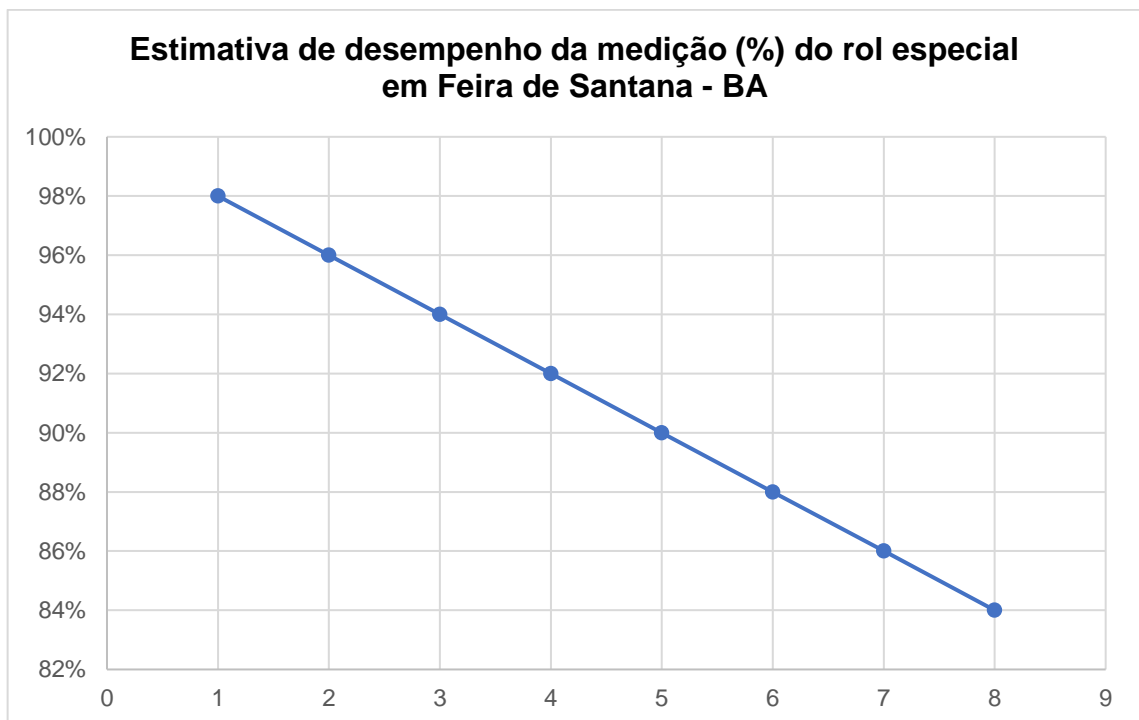
As Figuras 11 e 12 apresentam a diminuição da estimativa IDM em função do tempo de instalação, em anos, dos micromedidores em anos, segundo a EMBASA em Feira de Santana. O primeiro se refere ao rol comum e o segundo, ao rol especial. Em complemento, a Figura 13 indica exemplo (Mogi das Cruzes) do comportamento apreciado pelo Ministério das Cidades para o mesmo índice.

**Figura 11 – IDM dos micromedidores do rol comum em Feira de Santana para os 15 anos iniciais.**



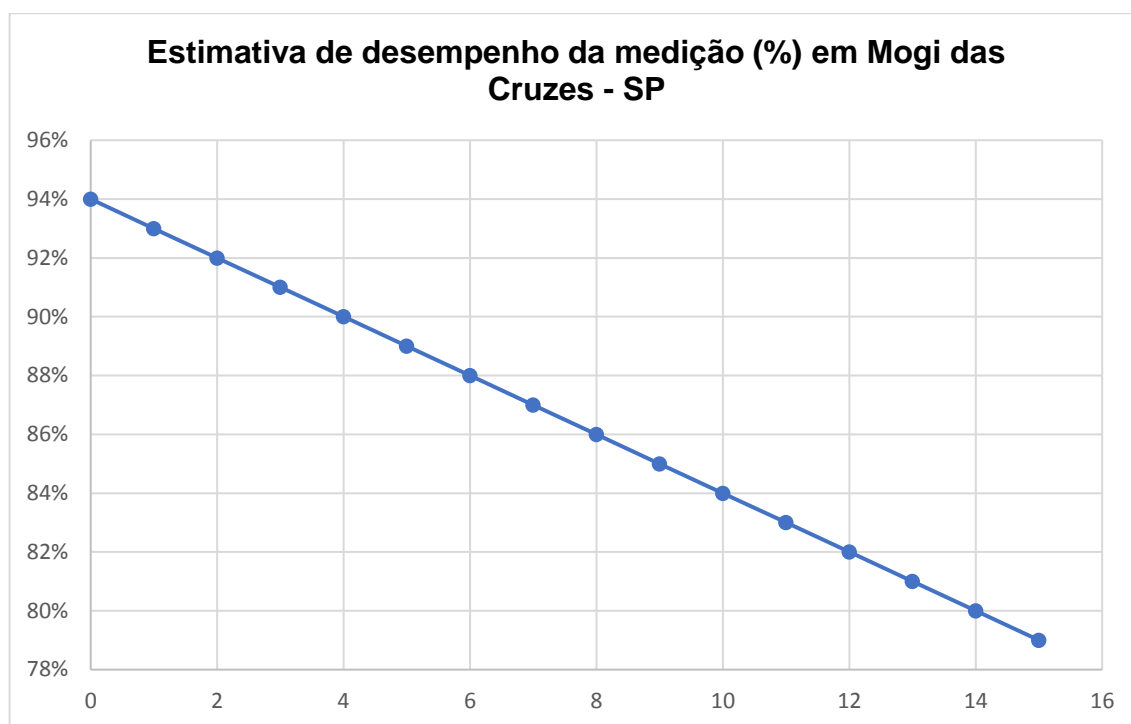
(Fonte: EMBASA)

**Figura 12 – IDM dos micromedidores do rol especial em Feira de Santana para os 15 anos iniciais.**



(Fonte: EMBASA)

Figura 13 – IDM em Mogi das Cruzes – SP para os 15 anos iniciais.



(Fonte: Ministério das Cidades)

É importante ressaltar, contudo, que os três gráficos se limitam aos intervalos cujo IDM é reduzido de maneira linear. A todos os medidores com tempo de instalação superior a 15 anos no rol comum e a 8 anos no rol especial em Feira de Santana atribuem-se desempenhos constantes e iguais a 60% e 82%, respectivamente.

De maneira semelhante, o preenchimento desse índice, feito pelos municípios participantes da chamada pública do Ministério das Cidades, parte do pressuposto de que todos os hidrômetros instalados há mais de 20 anos ( $IDM \geq 20$ ) comportam-se como se seu registro fosse de 21 anos. Assim, pode-se afirmar que esses sistemas consideram que a submedição se comporta de maneira uniforme ao longo do tempo a partir de determinada idade.

Nesse enquadramento, em contraste com a importância conferida pela EMBASA às idades dos medidores separadamente, os municípios analisados das regiões Sul e do Sudeste utilizam apenas um valor para o IDM – supostamente representativo de todo o conjunto –, o qual é calculado a partir da idade média do parque de hidrômetros. Cabula, Caruaru e Salgueiro, em contrapartida, deliberam estimativas de 85%, 90% e 90%, respectivamente, sem detalhamentos que viessem a elucidar suas deduções.

Quanto à CAESB, a empresa não apresenta detalhes da micromedição.

A Tabela 2 sintetiza os valores do IDM utilizados nas regiões estudadas.

**Tabela 2 – Estimativas de Desempenho da Micromedição dos prestadores analisados.**

Estimativas de Desempenho da Micromedição									
EMBASA					COMPESA		CAESB	OUTROS	
Cabula	Feira de Santana				Caruaru	Salgueiro	DF	Municípios do Sul e do Sudeste	
	Rol comum		Rol especial						
IDM	Tempo (anos)	IDM	Tempo (anos)	IDM	IDM	IDM	Tempo (anos)	IDM	
85% <sup>1</sup>	0	95%	0	– <sup>2</sup>	90% <sup>1</sup>	90% <sup>1</sup>	– <sup>3</sup>	0	94%
	1	94%	1	98%				1	93%
	2	93%	2	96%				2	92%
	3	92%	3	94%				3	91%
	4	91%	4	92%				4	90%
	5	90%	5	90%				5	89%
	6	89%	6	88%				6	88%
	7	88%	7	86%				7	87%
	8	87%	8	84%				8	86%
	9	86%	>8	82%				9	85%
	10	85%						10	84%
	11	84%						11	83%
	12	83%						12	82%
	13	82%						13	81%
	14	81%						14	80%
	15	80%						15	79%
	>15	60%						16	78%
								17	77%
								18	76%
								19	75%
								20	74%
								>20	73%

<sup>1</sup>IDM arbitrado sem processamento das idades dos micromedidores.

<sup>2</sup>Valor não indicado pela EMBASA.

<sup>3</sup>IDM não indicado pela CAESB.

**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos sistemas pesquisados, 2013 a 2016)**

### 5.1.1.2 Consumo Não Autorizado

Em meio aos prestadores, EMBASA e COMPESA foram os únicos a realizar, nas planilhas analisadas, a fragmentação do Consumo Não Autorizado em Clandestinos/Falhas de Cadastro e Fraudes. Todos os outros, pelo contrário, fundiram os dois itens na inclusão dos volumes nas perdas aparentes.

Os valores referentes ao Consumo Não Autorizado (ou aos seus dois termos separadamente, em conformidade com os documentos da EMBASA e da COMPESA e com a matriz do Balanço Hídrico) são apresentados de maneira distinta.

Para o cálculo do volume de ligações clandestinas em Cabula, Salvador, foram utilizadas, além dos dados do número de habitantes por domicílio e do consumo per capita local em l/hab.dia (litros por habitante ao dia), suas quantidades estimadas de ligações clandestinas na rede distribuidora, todas com margem de erro de  $\pm 50\%$ . Já para o cálculo do volume provenientes de fraudes, a quantidade estimada de ligações fraudadas e o consumo diário foram utilizados, com margens de erro  $\pm 20\%$  e  $\pm 5\%$ , respectivamente, para violação de hidrômetro e ligação direta para o próprio imóvel.

A mesma empresa deduziu o volume do CNA em Feira de Santana de maneira análoga, porém com margens de erro diferentes para cada um dos dois componentes do item “ligação clandestina na rede distribuidora” e para os mesmos tipos de fraudes. Nesse sistema, são estipuladas em  $\pm 30\%$  para a quantidade estimada de ligações clandestinas residenciais e de  $\pm 50\%$  para o número estimado de ligações de uso comercial, industrial ou público. A parcela de violações por hidrômetro aparece com margem de erro de  $\pm 10\%$ , enquanto a das ligações diretas para o próprio imóvel aponta  $\pm 15\%$ .

Assim, observa-se que a EMBASA, no cômputo das fraudes, não insere números relativos a ligações diretas para terceiros. No cálculo das falhas de cadastro, da mesma forma, nenhum valor é apresentado.

O Ministério das Cidades, por outro lado, sugeriu a estimativa do Consumo Não Autorizado como uma porcentagem do Volume de Entrada nos casos de “inexistência de estudos sobre os volumes de consumos não autorizados” por parte de cada empresa. Para tanto, os sistemas analisados do Sul e Sudeste do Brasil – exceto

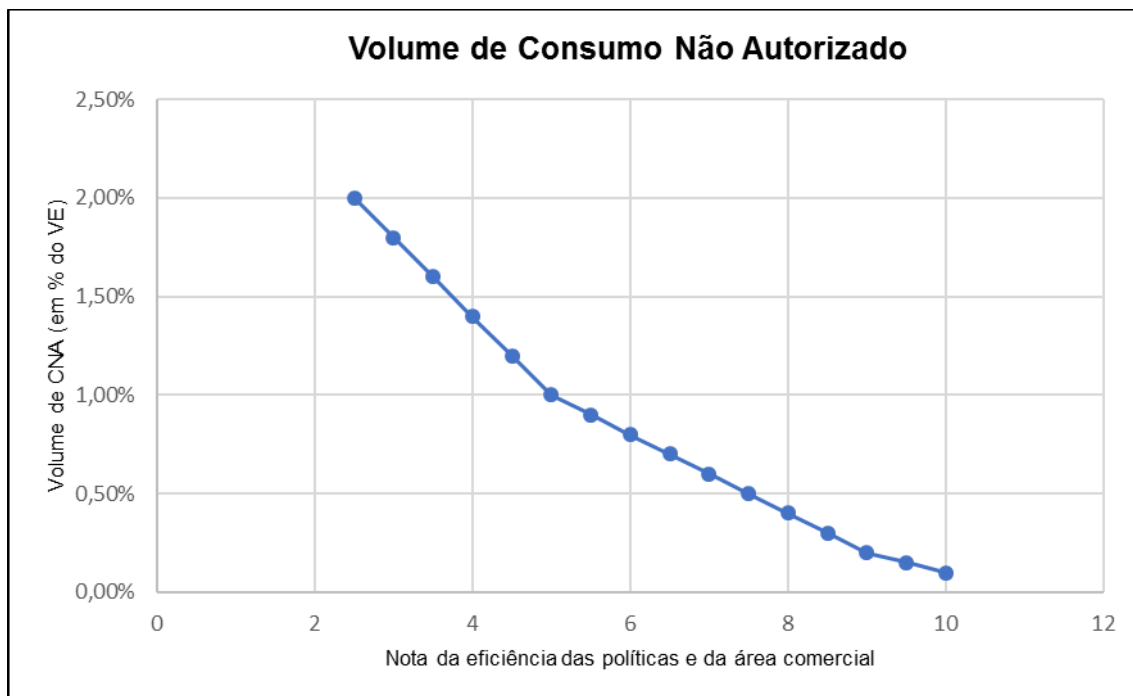
Florianópolis, Novo Hamburgo, Porto Alegre e Barra Mansa – aplicaram tabela disponibilizada nas planilhas fornecidas na chamada pública. O percentual do volume de entrada a ser utilizado no cálculo é determinado em função da nota atribuída à “eficiência das políticas e da área comercial” do prestador, que varia de 2,5 a 10, como reproduzido na Tabela 3 e na Figura 14.

**Tabela 3 – Estimativa do CNA, em porcentagem do Volume de Entrada, conforme sugestão do Ministério das Cidades para os municípios que não possuem estudos sobre tais volumes.**

<b>Eficiência das políticas e da área comercial (nota)</b>	<b>Volume de consumos não autorizados (em % do VE)</b>
10	0,10%
9,5	0,15%
9	0,20%
8,5	0,30%
8	0,40%
7,5	0,50%
7	0,60%
6,5	0,70%
6	0,80%
5,5	0,90%
5	1,00%
4,5	1,20%
4	1,40%
3,5	1,60%
3	1,80%
2,5	2,00%

(Fonte: elaboração do autor, com base em Ministério das Cidades, 2016)

**Figura 14 – CNA (em porcentagem do VE) como sugerido pelo Ministério das Cidades para os municípios que não possuem estudos sobre tais volumes.**



**(Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Ministério das Cidades, 2016)**

A CAESB não indicou, em suas planilhas, o método utilizado para estimativa de perdas aparentes.

## 5.2 DESEMPENHO DOS PRESTADORES

### 5.2.1 Perdas Reais

EMBASA e COMPESA estabelecem estimativas de 90%, 10% e 0% do volume de perdas reais, respectivamente, para as porções relativas aos vazamentos em ramais, aos vazamentos em redes e aos vazamentos em reservatórios, embora a especificação de tais correspondências não seja precisamente esclarecida.

A CAESB não chega a oferecer qualquer detalhamento em relação ao caminho percorrido para a determinação do valor apresentado para cada componente das perdas reais. De maneira ainda mais restrita, os outros municípios pesquisados limitam-se à introdução do volume total desse tipo de perda.

Desse modo, verifica-se que os diferentes sistemas de abastecimento, embora façam uso da abordagem Top-Down para cálculo de Perdas Aparentes e Reais,



divergem em seus métodos de estimativas. Assim, apontam para uma arbitrariedade oriunda de padronização falha.

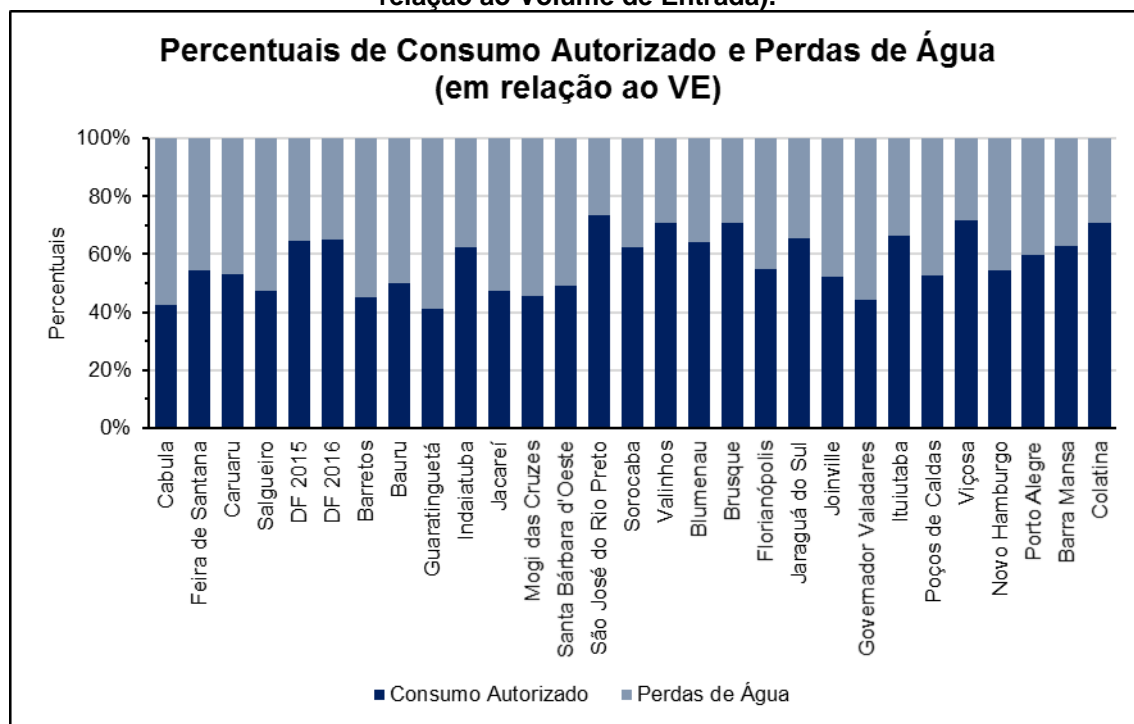
Além disso, visto que o processo de estimativa de perdas passa por vários pontos de incerteza e as margens de erro informadas não são devidamente esclarecidas ou cientificamente fundamentadas, pode-se afirmar que a confiabilidade dos valores finais dispostos nos bancos de dados é fortemente prejudicada.

### 5.2.2 Volume de Entrada

Para análise e produção de resultados comparáveis, foram descartados os dados do sistema referente ao município de Catanduva, SP, uma vez que valores importantes introduzidos ao Balanço Hídrico se encontram insustentáveis (números negativos, provavelmente indicando erro humano na inserção dos dados).

A Figura 15 ilustra a proporção de Consumo Autorizado para Perdas de Água em todos os sistemas de abastecimento analisados.

**Figura 15 - Percentuais de Consumo Autorizado e Perdas de Água dos prestadores (em relação ao Volume de Entrada).**

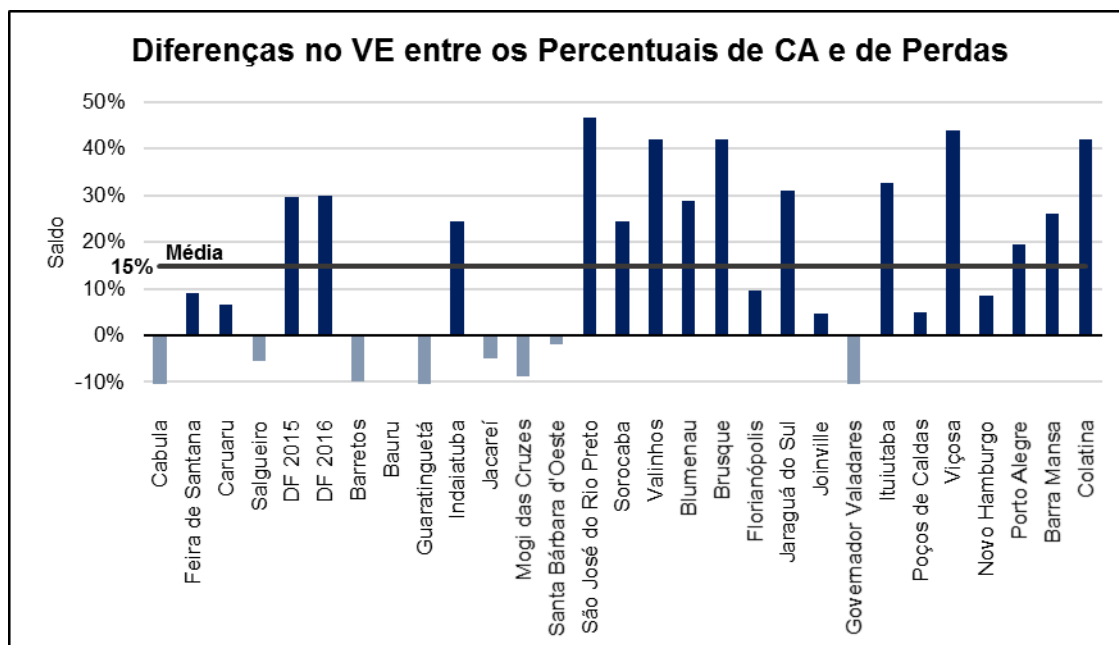


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

A Figura 16 apresenta as diferenças percentuais, dentro dos Volumes de Entrada, entre o Consumo Autorizado e as Perdas de Água. Os valores positivos

indicam predominância de Consumo Autorizado, enquanto os negativos indicam predominância de Perdas de Água.

**Figura 16 - Saldo do Volume de Entrada dos prestadores entre Consumo Autorizado e Perdas de Água.**

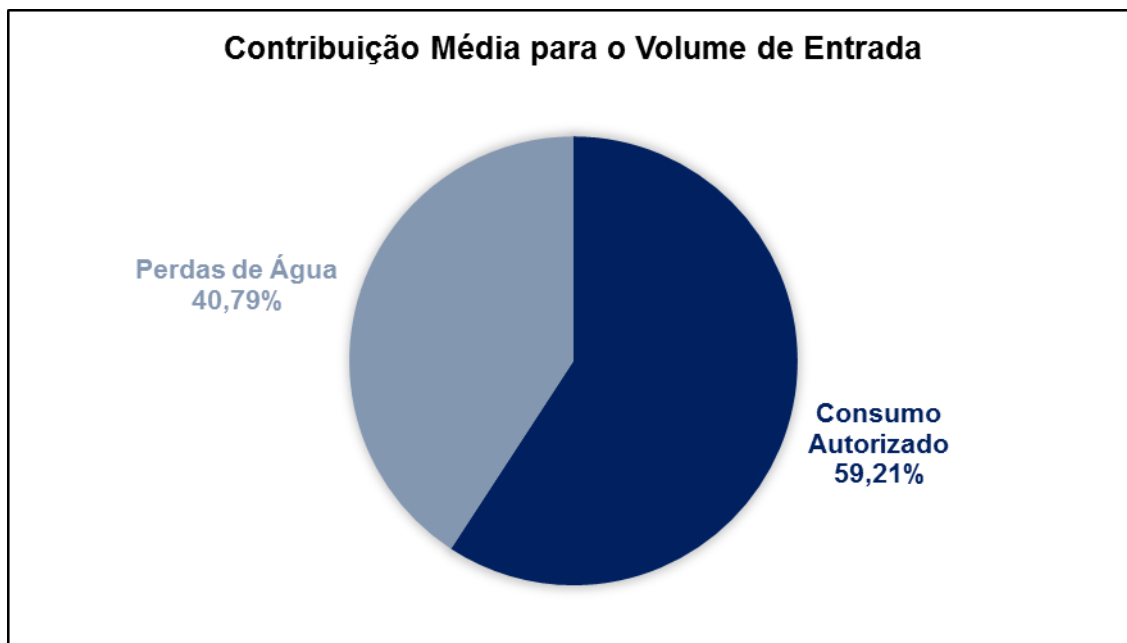


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Pode-se observar, na figura acima, que Cabula, Salgueiro, Barretos, Guaratinguetá, Jacareí, Mogi das Cruzes, Santa Bárbara d'Oeste e Governador Valadares representam os únicos sistemas da amostra a possuir percentual de Perdas de Água superior ao volume de Consumo Autorizado. Em média, porém, as companhias possuem cerca de 15% a mais do Volume de Entrada sendo convertido em Consumo Autorizado.

Para melhor concepção da quantidade de água perdida em média pelos sistemas, a Figura 17 retrata a média das porções componentes do Volume de Entrada.

**Figura 17 – Contribuição para o Volume de Entrada de Consumo Autorizado e Perdas de Água.**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

Assim, pode-se perceber que, apesar das empresas cuja parcela maior do Volume de Entrada é constituída por perdas, o desempenho médio observado indica que o Consumo Autorizado é predominante. Mesmo assim, a relação de um componente para o outro é alarmante no tocante às condições operacionais dos sistemas nacionais. Isso é reforçado pela realidade de países desenvolvidos como Alemanha e Japão, onde já se conseguiu registrar frações de perdas aproximadamente quatro vezes menores que as indicadas na Figura 17.

A Tabela 4 indica as parcelas anuais de Perdas de Água em relação aos Volumes de Entrada nos sistemas.

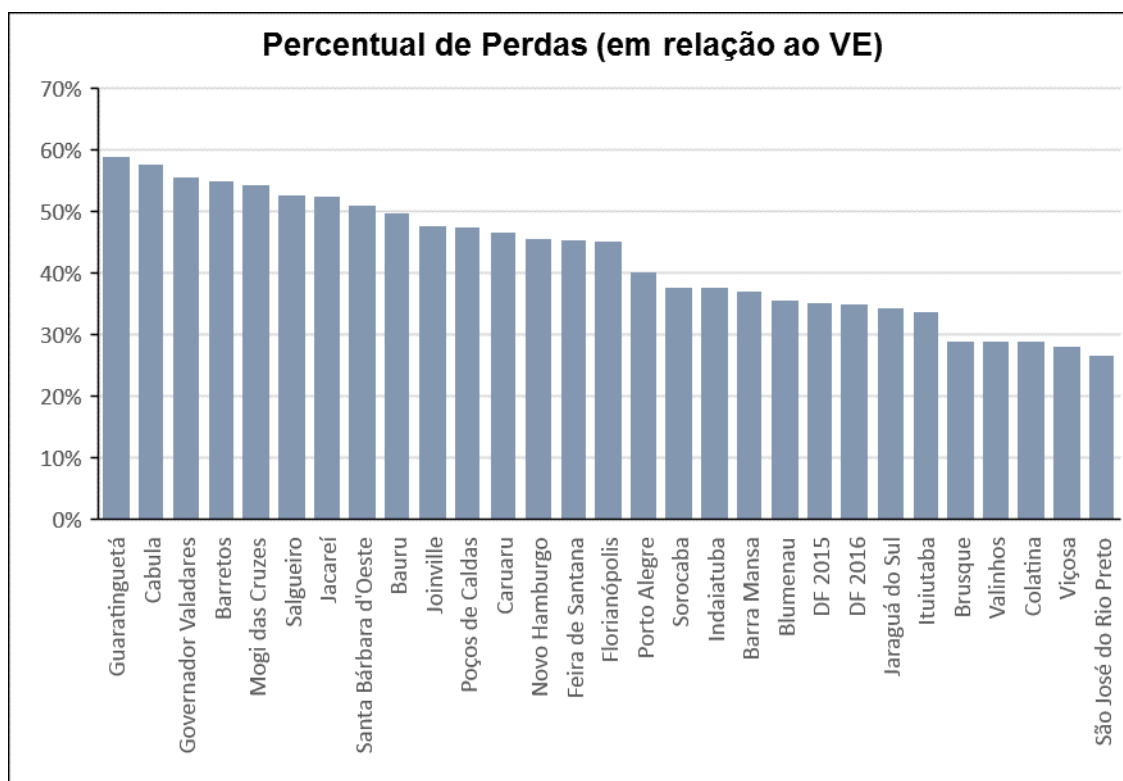
**Tabela 4 – Percentual do Perdas de Água em relação ao Volume de Entrada em cada sistema analisado.**

<b>EMBASA</b>	BA	Cabula	<b>57,69%</b>
		Feira de Santana	<b>45,49%</b>
<b>COMPESA</b>	PE	Caruaru	<b>46,75%</b>
		Salgueiro	<b>52,76%</b>
<b>CAESB</b>	DF	Distrito Federal - 2015	<b>35,16%</b>
		Distrito Federal - 2016	<b>35,00%</b>
<b>OUTROS</b>	SP	Barretos	<b>54,97%</b>
		Bauru	<b>49,83%</b>
		Guaratinguetá	<b>58,90%</b>
		Indaiatuba	<b>37,74%</b>
		Jacareí	<b>52,42%</b>
		Mogi das Cruzes	<b>54,32%</b>
		Santa Bárbara d'Oeste	<b>51,01%</b>
		São José do Rio Preto	<b>26,67%</b>
		Sorocaba	<b>37,75%</b>
		Valinhos	<b>29,06%</b>
	SC	Blumenau	<b>35,58%</b>
		Brusque	<b>29,08%</b>
		Florianópolis	<b>45,14%</b>
		Jaraguá do Sul	<b>34,46%</b>
		Joinville	<b>47,73%</b>
	MG	Governador Valadares	<b>55,55%</b>
		Ituiutaba	<b>33,76%</b>
		Poços de Caldas	<b>47,49%</b>
		Viçosa	<b>28,10%</b>
	RS	Novo Hamburgo	<b>45,73%</b>
		Porto Alegre	<b>40,27%</b>
	RJ	Barra Mansa	<b>37,00%</b>
	ES	Colatina	<b>29,02%</b>

(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Para clarificar a posição de cada sistema em relação ao todo, a Figura 18 apresenta, em curso decrescente, as frações anuais de Perdas de Água, em relação ao Volume de Entrada, nos prestadores analisados.

Figura 18 – Perdas de Água (em % do Volume de Entrada).



(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

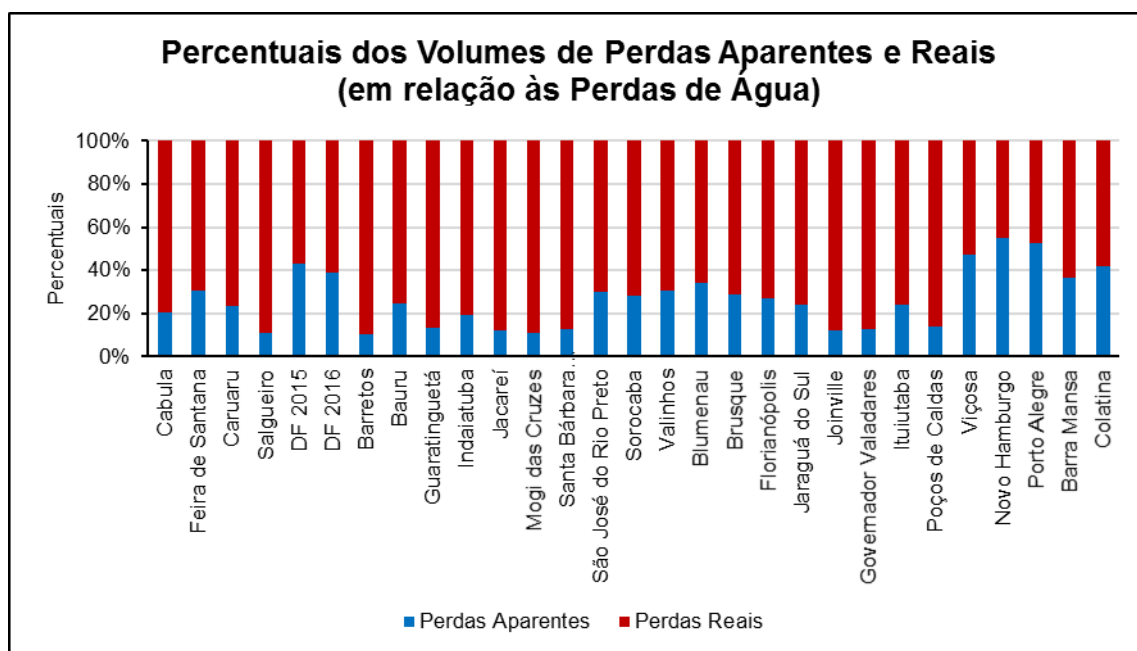
Sob essa perspectiva, Guaratinguetá, Cabula, e Governador Valadares encontram-se entre os sistemas que mais perdem água, ao passo que São José do Rio Preto, Viçosa e Colatina apresentam os menores índices.

Calcula-se que a diferença entre os extremos Guaratinguetá e São José do Rio Preto é de 32,23% do Volume de Entrada. Em termos relativos, Guaratinguetá tem mais que o dobro de perdas de São José do Rio Preto, evidenciando assim a disparidade até mesmo entre sistemas em do mesmo estado.

### 5.2.3 Perdas de Água

A Figura 19 expõe a proporção entre os Volumes de Perdas Aparentes e os volumes de Perdas Reais.

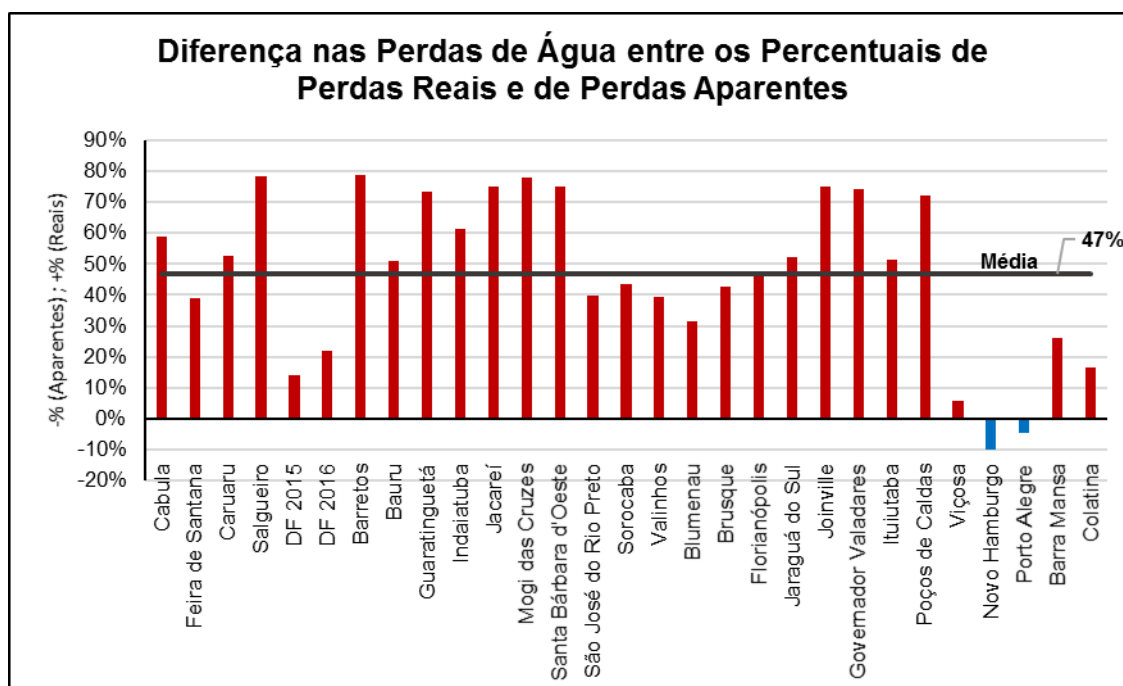
**Figura 19 - Volumes de Perdas Aparentes e Perdas Reais (em % de Perdas de Água).**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

A Figura 20 indica a diferença entre as Perdas Reais e as Perdas Aparentes das companhias de saneamento e sua média. Nela, as barras vermelhas indicam porcentagem diferencial de Perdas Reais e barras azuis indicam porcentagem diferencial de Perdas Aparentes.

Figura 20 – Saldo percentual entre Perdas Reais e Perdas Aparentes.

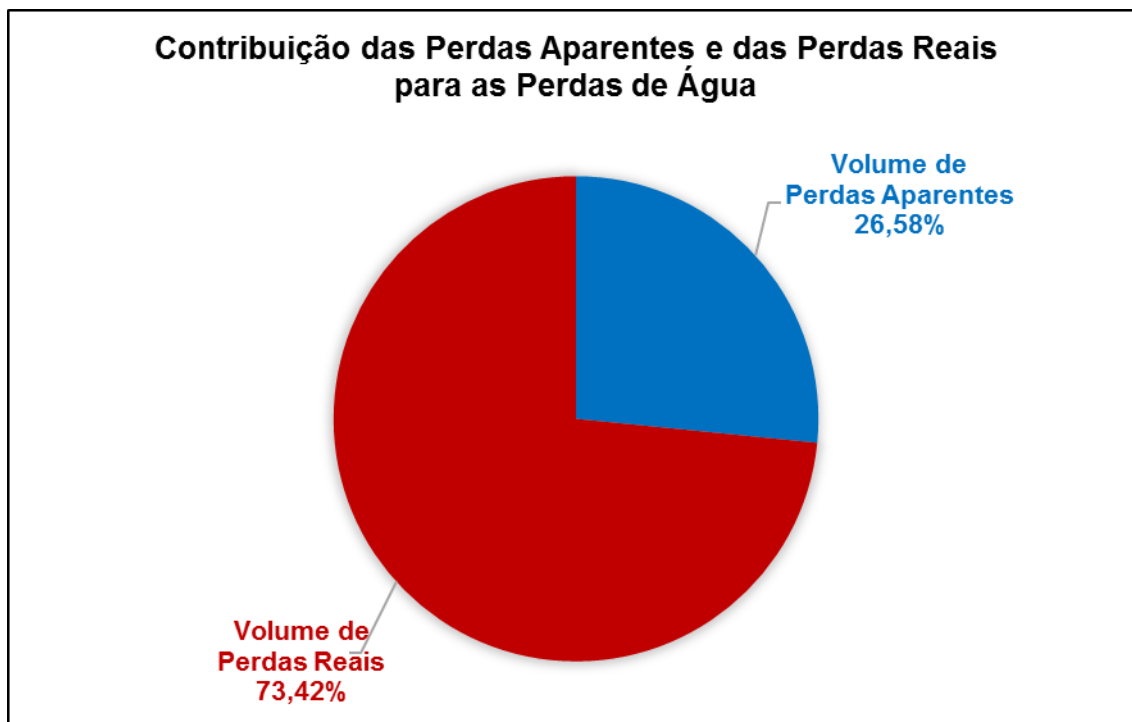


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Neste caso, observa-se que o volume de Perdas Reais supera o Volume de Perdas Aparentes na maioria dos sistemas – aproximadamente 93% deles. Além disso, em média, as Perdas Reais são maiores que as Perdas Aparentes em cerca de 47% do Volume total de Perdas de Água.

A Figura 21 sintetiza a contribuição dos volumes de Perdas Aparentes e Reais para o volume de total de Perdas de Água das empresas.

Figura 21 – Distribuição das Perdas Aparentes e das Perdas Reais dentro das Perdas de Água.



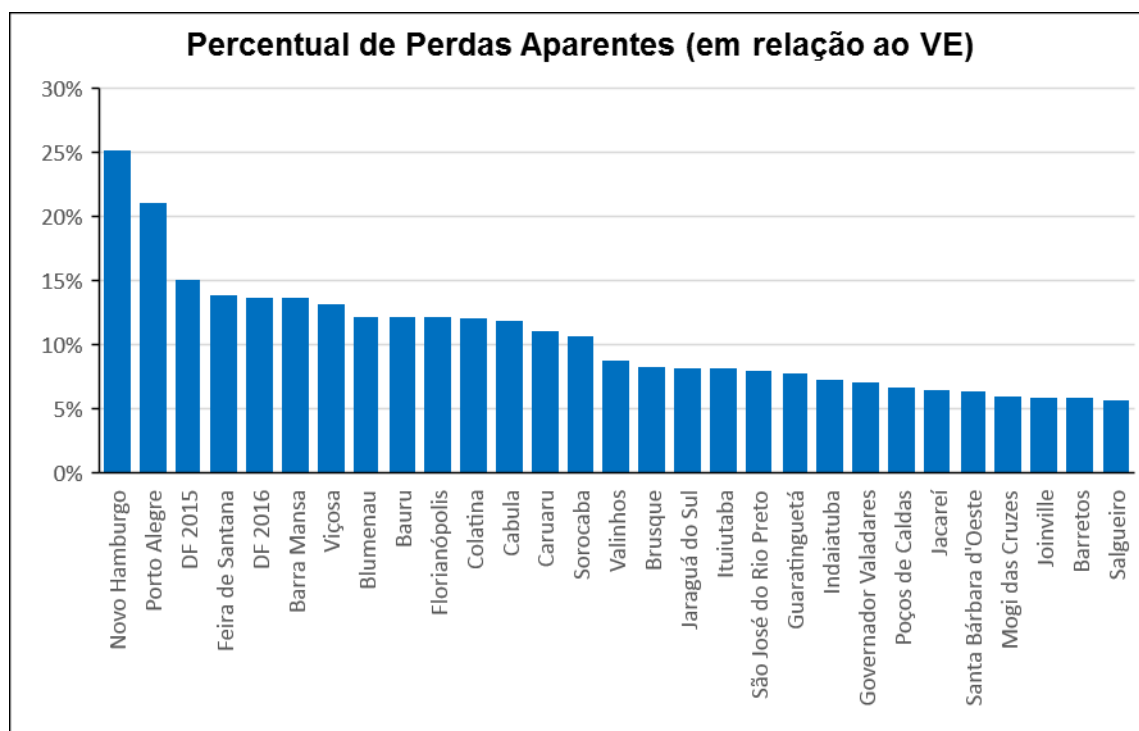
(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

A constatação de que grande parte do volume de Perdas é de Perdas Reais reforça a realidade precária da infraestrutura dos sistemas de abastecimento brasileiros e da debilidade das gestões de saneamento. Em outras palavras, destacam-se como possíveis causas para este paradeiro a ineficiência no controle e na detecção de vazamentos, na rapidez e na qualidade dos reparos, na melhoria dos materiais e da manutenção, remanejamento e reabilitação de tubulações e no controle de pressão e de nível de reservatório, como apontados por Thornton (2002 apud TSUTIYA, 2014).

A Figura 22 revela, em ordem decrescente, a porcentagem de Perdas Aparentes em cada empresa pesquisada, em relação ao Volume de Entrada.



Figura 22 – Perdas Aparentes (em % do VE).

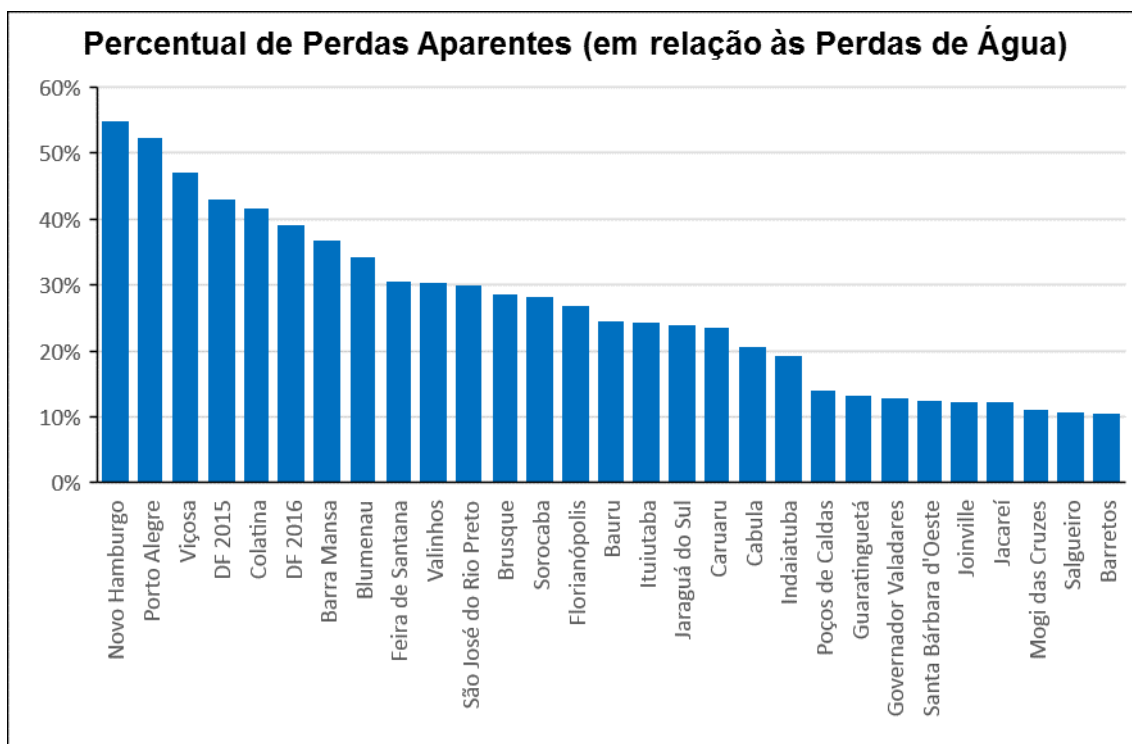


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

A partir da representação, é possível inferir que, nesse aspecto, as parcelas de Perdas Aparentes dos sistemas de abastecimento gaúchos apurados (Novo Hamburgo e Porto Alegre) os situam no topo para esse tipo de perda, dadas as suas elevadas diferenças em comparação com os outros prestadores. Para interpretação para tal fenômeno, pode-se traçar a hipótese de que a infraestrutura relacionada ao sistema de abastecimento dessas regiões seja eficiente o bastante para superar, em nível apreciável, as perdas por falhas de hidrômetros. Barretos (SP) e Salgueiro (PE), por outro lado, figuram entre os de menor percentual.

Embora os prestadores referidos encontrem-se nas mesmas colocações na Figura 23, que mostra a porcentagem de Perdas Aparentes em relação ao total de Perdas de Água também em ordem decrescente, diversos outros sistemas foram deslocados.

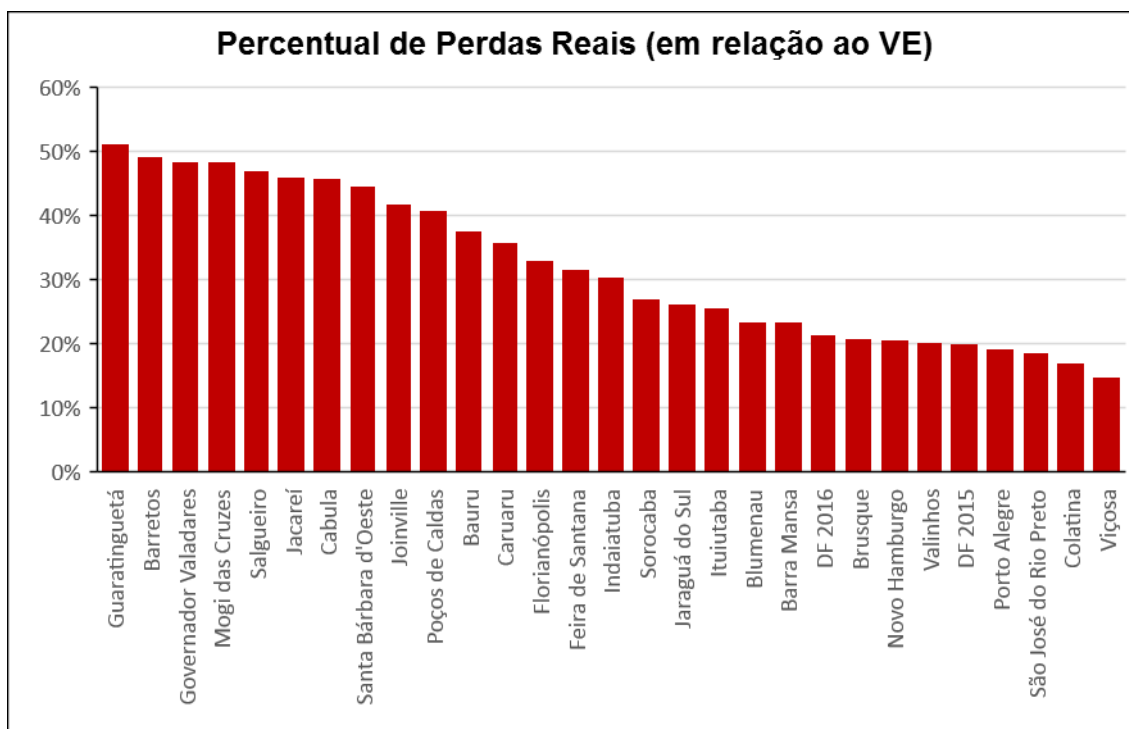
Figura 23 – Perdas Aparentes (em % de Perdas de Água).



(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

A Figura 24 representa, em distribuição decrescente, os percentuais de Perdas Reais dos sistemas de abastecimento em relação aos seus Volumes de Entrada.

Figura 24 - Perdas Reais (em % do VE).

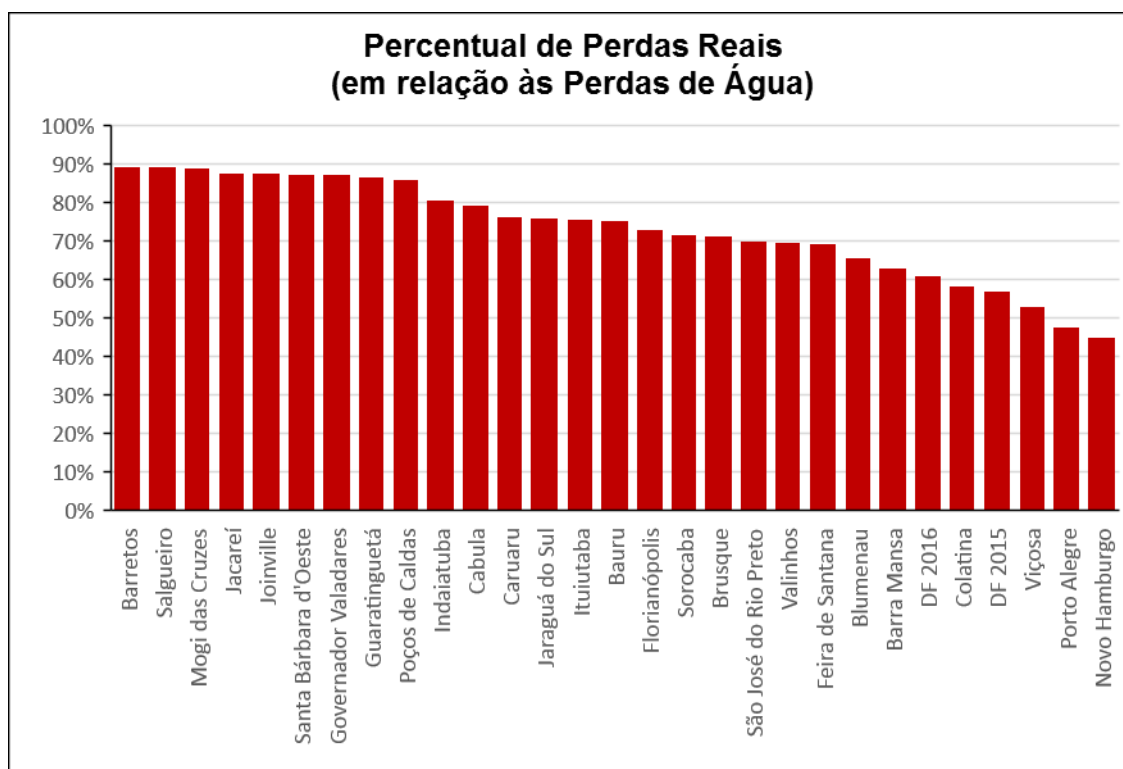


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Neste caso, as Perdas Reais de Barretos, permaneceram em segundo lugar (relativamente previsível, dada a sua penúltima colocação nas Perdas Aparentes). Porém, diferentemente do comportamento observado nas Perdas Aparentes, Guaratinguetá e Governador Valadares passam a aparecer entre os três sistemas com maiores perdas, enquanto o surgimento de Colatina e São José do Rio Preto ocorre nas últimas posições. Viçosa, na Figura 24, passa a ter o menor índice, com diferença de 36,24% do Volume de Entrada para Guaratinguetá. Em outras palavras, o maior índice é 3,4 vezes superior ao menor.

Para ilustração das Perdas Reais dos sistemas estudados em relação aos seus volumes totais de Perdas de Água, a Figura 25 corrobora para as informações da Figura 23, previamente demonstrada.

Figura 25 - Perdas Reais (em % das Perdas de Água).



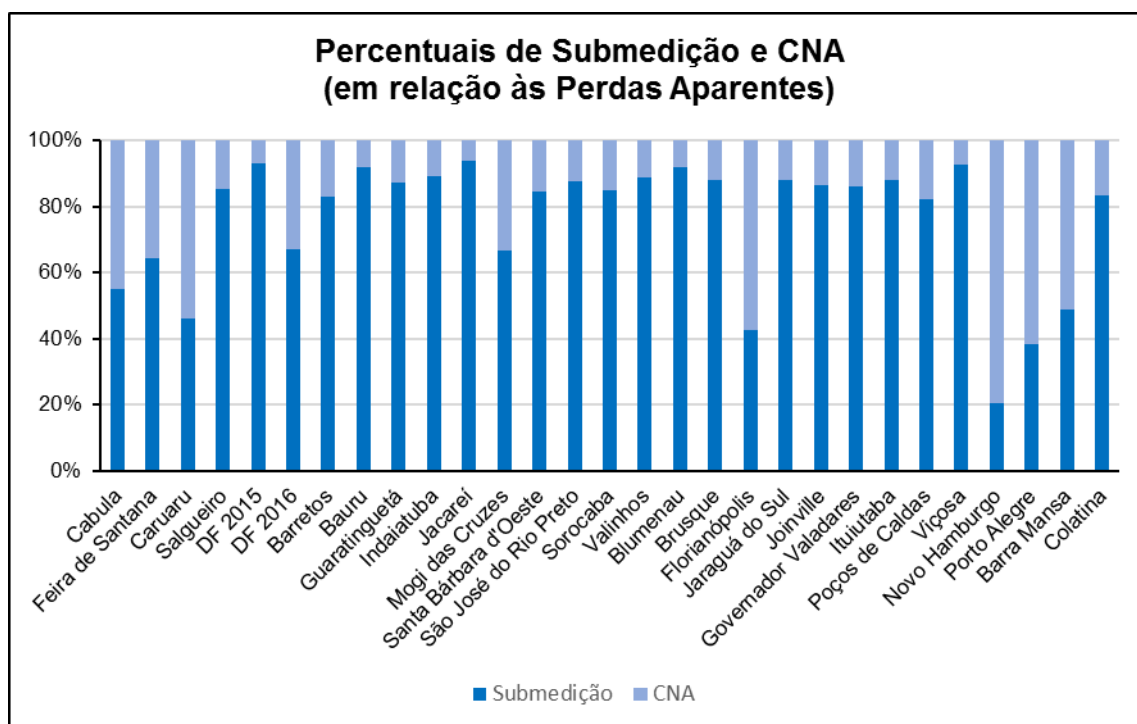
(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

As únicas fontes que apresentaram dados dos tipos de Perdas Reais foram EMBASA, COMESA e CAESB. Por essa razão, apenas os sistemas de tais companhias são confrontados adiante.

#### 5.2.4 Perdas Aparentes

A relação entre as perdas por Submedição e por Consumo não Autorizado encontram-se representados na Figura 26.

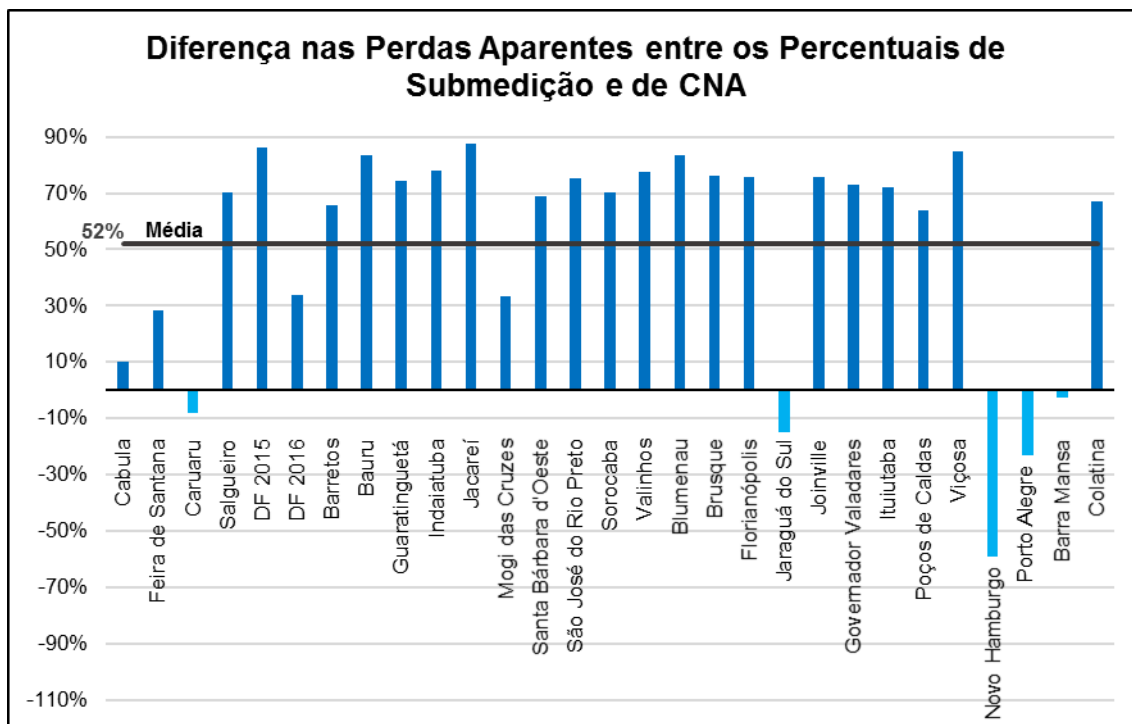
Figura 26 – Submedição e CNA (em % das Perdas Aparentes).



(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Claramente, constata-se que a Submedição responde pela porção mais extensa das Perdas Aparentes, embora cinco sistemas tenham Ligações Clandestinas e Falhas de Cadastro em maior destaque: Barra Mansa (RJ), Caruaru (PE), Florianópolis (SC), Porto Alegre (RS) e Novo Hamburgo (RS), em ordem crescente de representatividade de Consumo Não Autorizado nas Perdas.

Figura 27 – Saldo de Submedição em relação ao Consumo não Autorizado.

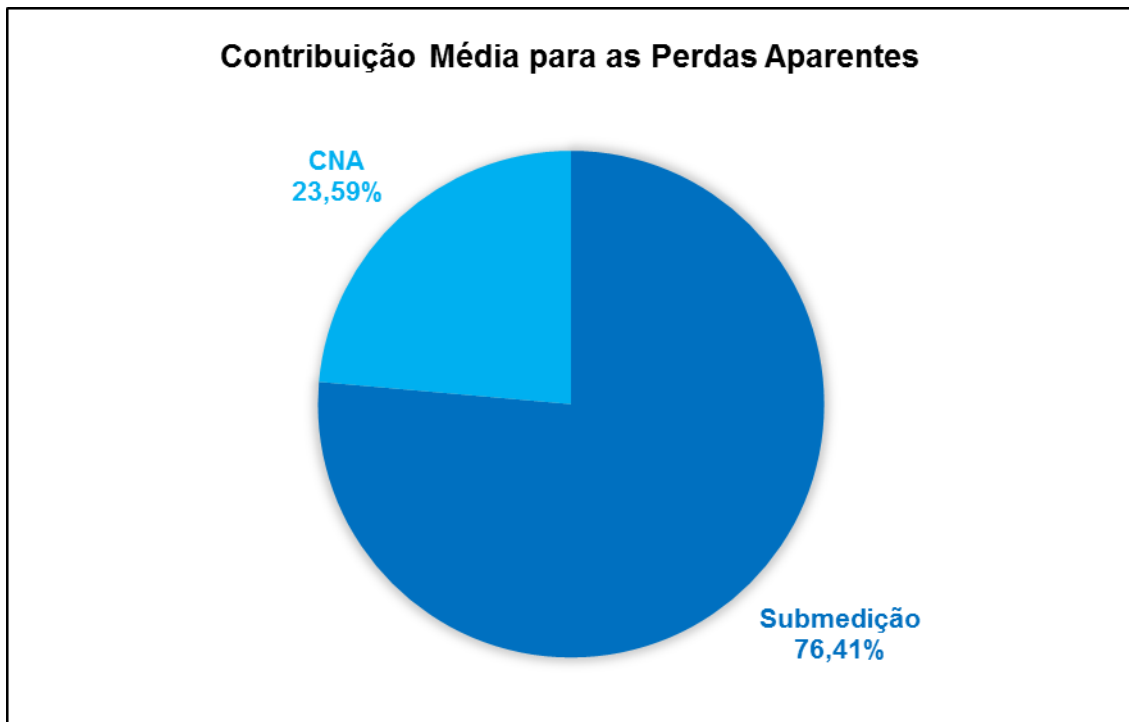


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Pode-se afirmar, com base na Figura 27, acima, que a superioridade das perdas por Submedição, em comparação com as perdas por Consumo Não Autorizado, é predominante em todas as empresas. Em média, as perdas aparentes são constituídas de aproximadamente 52% a mais de perdas apenas em função de ineficiência de hidrômetros.

Assim, as Perdas Aparentes se dividem, em média, conforme disposto na Figura 28.

**Figura 28 - Distribuição das Perdas Aparentes.**

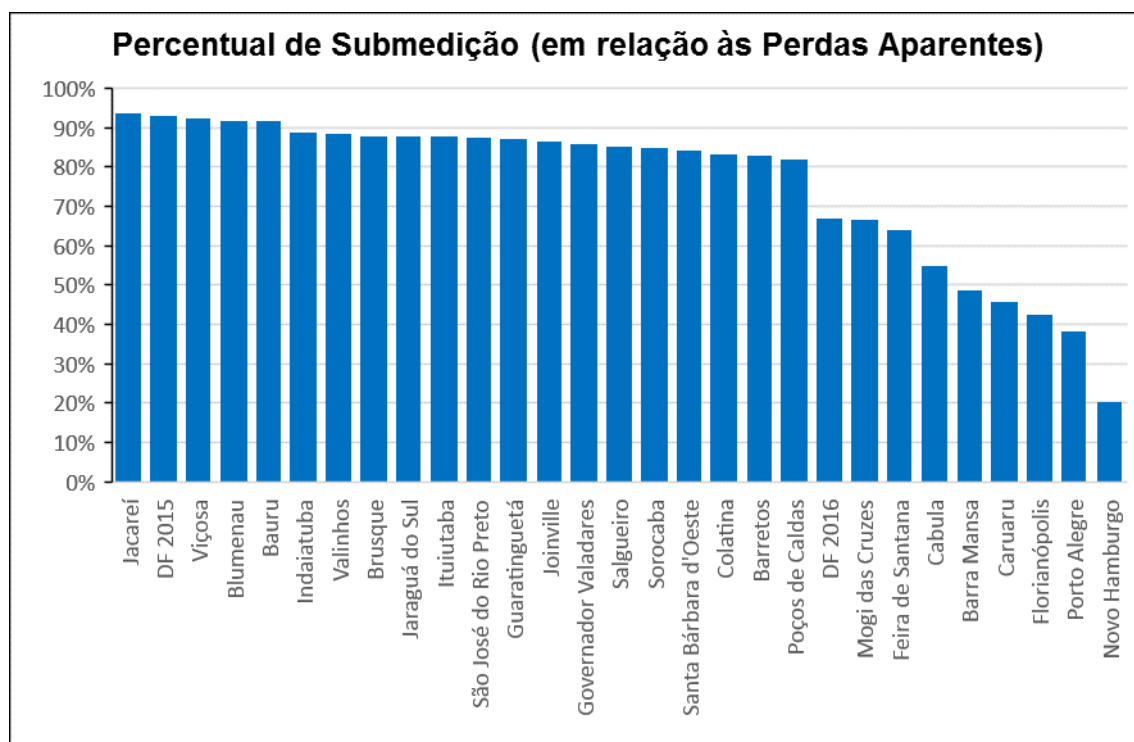


**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

Por conseguinte, não apenas se pode dizer que a Submedição é maior que o Consumo Não Autorizado nos sistemas, mas também que a relação aproximada de 4:1 confirma a expressividade da diferença observada. Desse modo, pode-se confirmar que os volumes de perdas desta categoria são, em peso, decorrentes da ineficiência de micromedidores.

Abaixo, a Figura 29 elucida Jacareí, Distrito Federal (2015) e Viçosa como maiores perdedores de água diante do volume de Perdas Aparentes. A diferença entre os sistemas de Jacareí e Novo Hamburgo, em posições opostas, é de 73,40%.

Figura 29 – Submedição (em % das Perdas Aparentes).



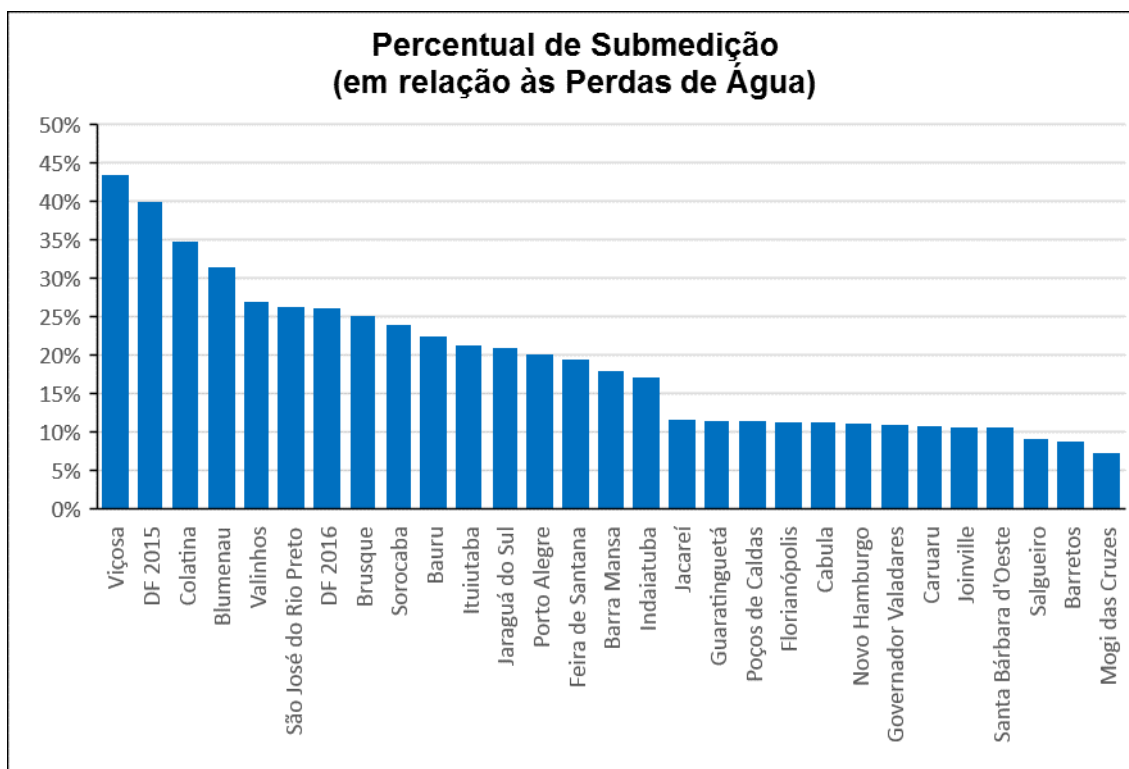
(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

As maiores discrepâncias, como se pode extrair da figura, ocorrem a partir dos dez últimos sistemas, com destaque para Novo Hamburgo e Porto Alegre, ambos do mesmo estado da Federação, separados por 17,95% de perdas na submedição em relação às Perdas Aparentes. Nesse sentido, isso significa que a Novo Hamburgo possui pouco menos que a metade de perdas de volumes da capital do Rio Grande do Sul, proporcionalmente.

Todavia, em relação aos volumes totais de Perdas de Água (Figura 30), são as perdas por Submedição em Viçosa, Distrito Federal – dados de 2015 – e Colatina, em ordem decrescente, que possuem os maiores valores percentuais. Salgueiro, Barretos e Mogi das Cruzes, na mesma ordem, detêm os menores percentuais.



Figura 30 - Submedição (em % de Perdas de Água)

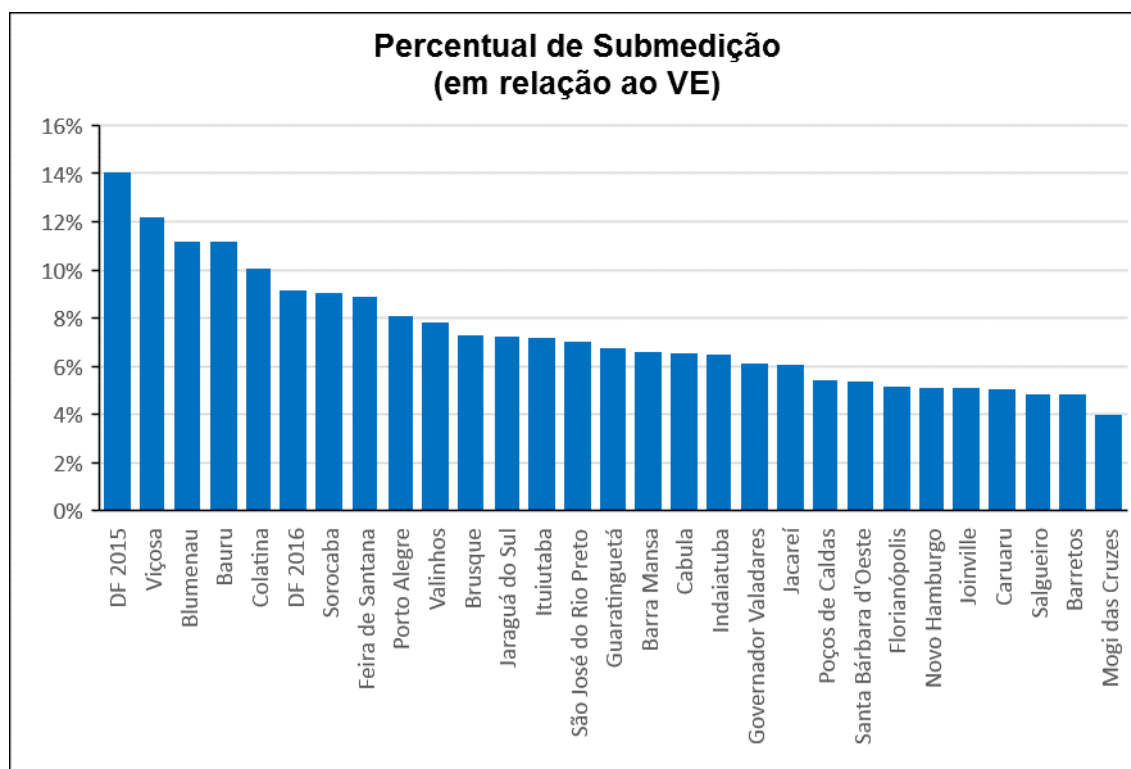


(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

A queda mais acentuada no gráfico da Figura 30 ocorre ao longo dos 5 primeiros colocados, com diferença entre Viçosa e Valinhos de 16,58%, das Perdas de Água. Por outro lado, Jacareí, Guaratinguetá, Poços de Caldas, Florianópolis, Cabula, Novo Hamburgo, Governador Valadares, Caruaru, Joinville e Santa Bárbara d'Oeste apresentam índices bastante próximos, ao redor de 11,00%.

É possível também visualizar, pela representação da Figura 30, a grande disparidade entre os percentuais de Viçosa (43,51%) e Mogi das Cruzes (7,38%), sendo este último 6 vezes menor.

**Figura 31 - Submedição (em % do Volume de Entrada).**



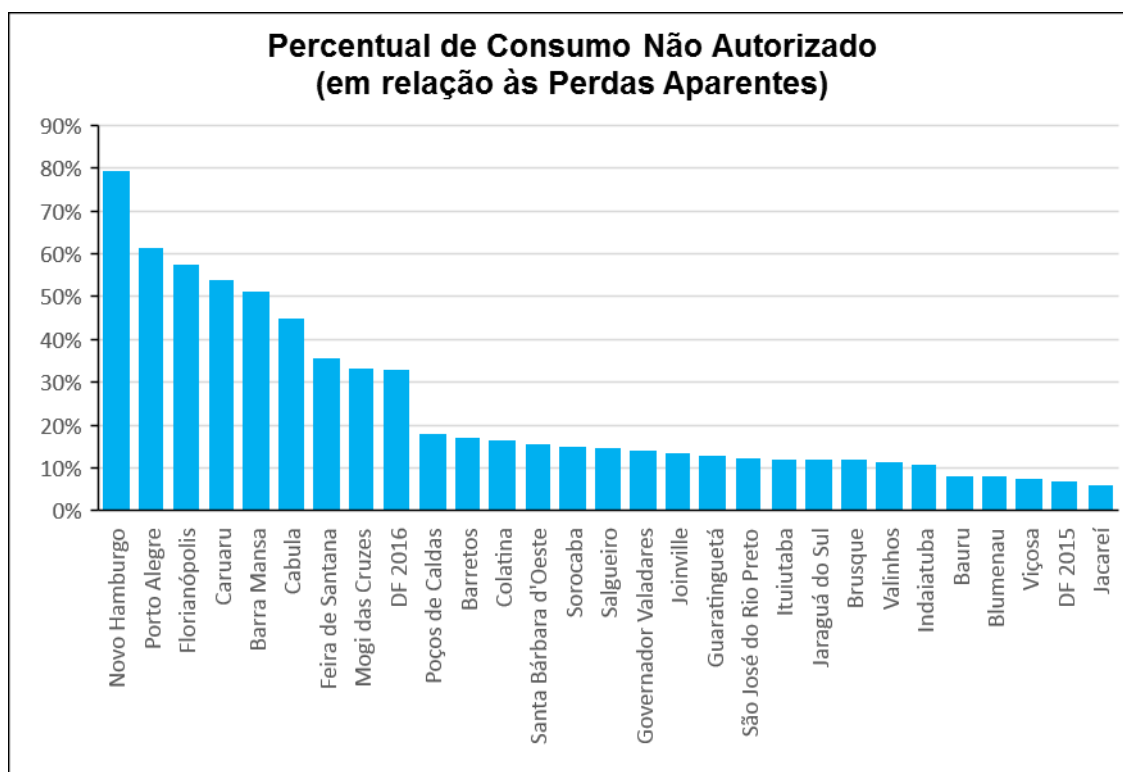
**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

Em comparação com a Figura 30, o gráfico da Figura 31, acima, é mais regular, com menores diferenças entre posições consecutivas. Viçosa, neste caso, assume a ponta, com o maior índice de perdas por Submedição, no lugar do Distrito Federal (2015), que cai para segundo lugar e Blumenau assume o terceiro lugar, desbancando Colatina, agora na quinta colocação. Os três últimos, porém, permanecem com os menores índices na mesma sequência.

Depreende-se, à luz das observações, que a representatividade da submedição varia a depender do componente do Balanço Hídrico utilizado como parâmetro.

Em auxílio à visualização da situação oposta ao gráfico da Figura 29, o Consumo não Autorizado dos sistemas é representado na Figura 32.

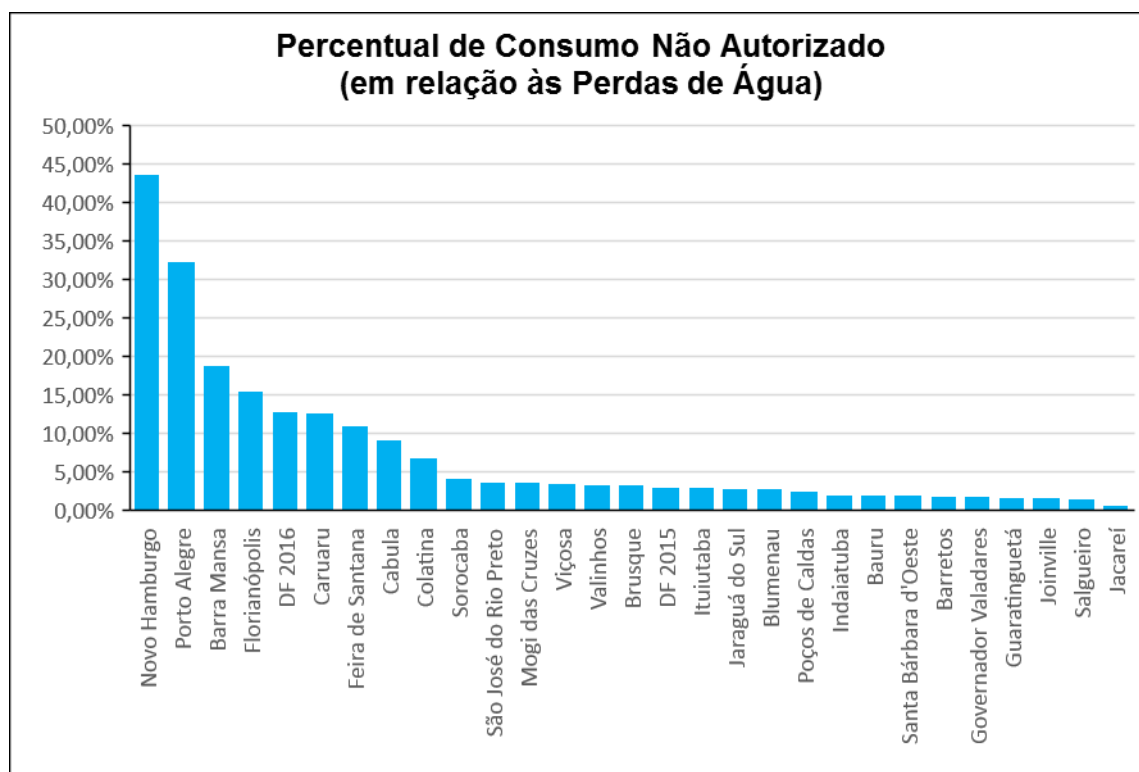
Figura 32 - Consumo Não Autorizado (em % de Perdas Aparentes).



(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Na Figura 33, a classificação se refere ao Consumo Não Autorizado em relação às Perdas de Água.

**Figura 33 - Consumo Não Autorizado (em % de Perdas de Água).**



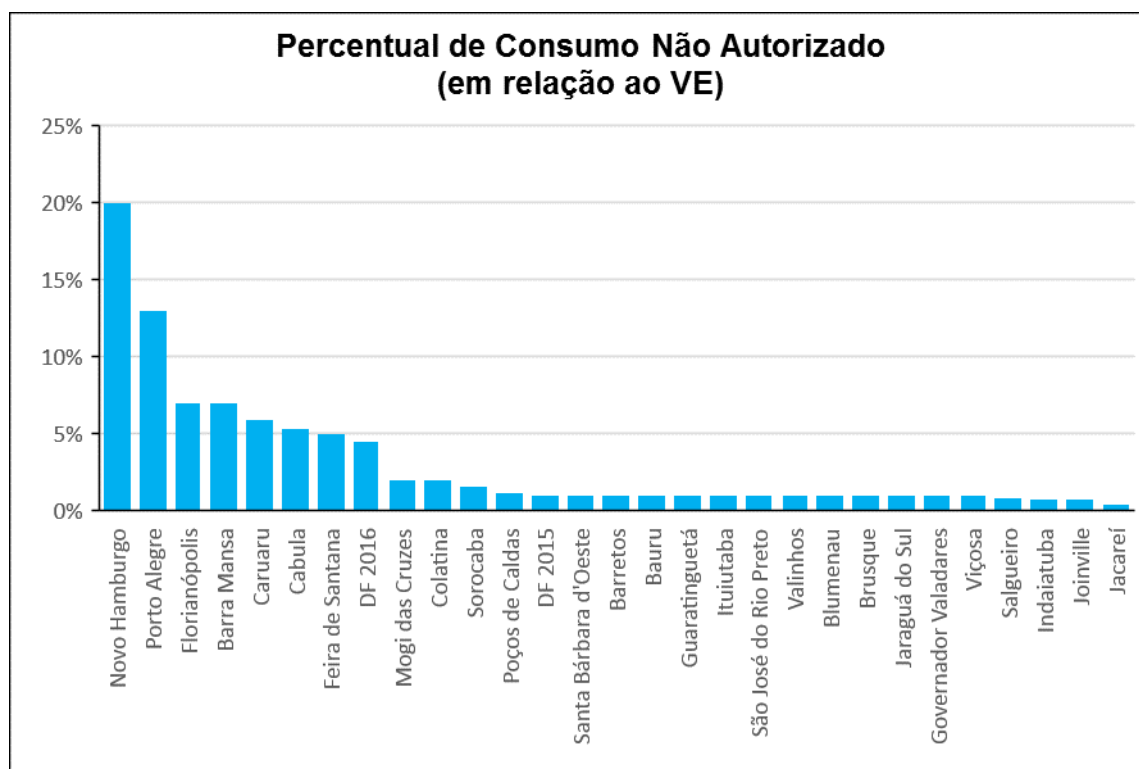
**(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)**

Na figura acima, a mudança de parâmetro mantém Novo Hamburgo e Porto Alegre nas duas primeiras colocações e Jacareí na última posição, porém põe Barra Mansa em terceiro lugar, enquanto Salgueiro passa a aparecer em penúltimo e Joinville em antepenúltimo lugar. Sendo a diferença entre os extremos de 42,98% de Perdas Água, Novo Hamburgo tem percentual de Consumo Não Autorizado, neste caso, 57,55 vezes maior que o de Jacareí.

Neste caso, a diminuição dos índices ao longo do gráfico ocorre de maneira mais discreta a partir de Sorocaba, enquanto a diferença entre Porto Alegre e Barra Mansa, em segundo e terceiro lugar, respectivamente, é a maior (de 32,38% para 18,92%) entre sistemas consecutivos ordenados de acordo o gráfico.

O gráfico do Consumo não Autorizado em relação ao Volume de Entrada se comporta de maneira semelhante na Figura 34.

Figura 34 - Consumo Não Autorizado (em % do Volume de Entrada).



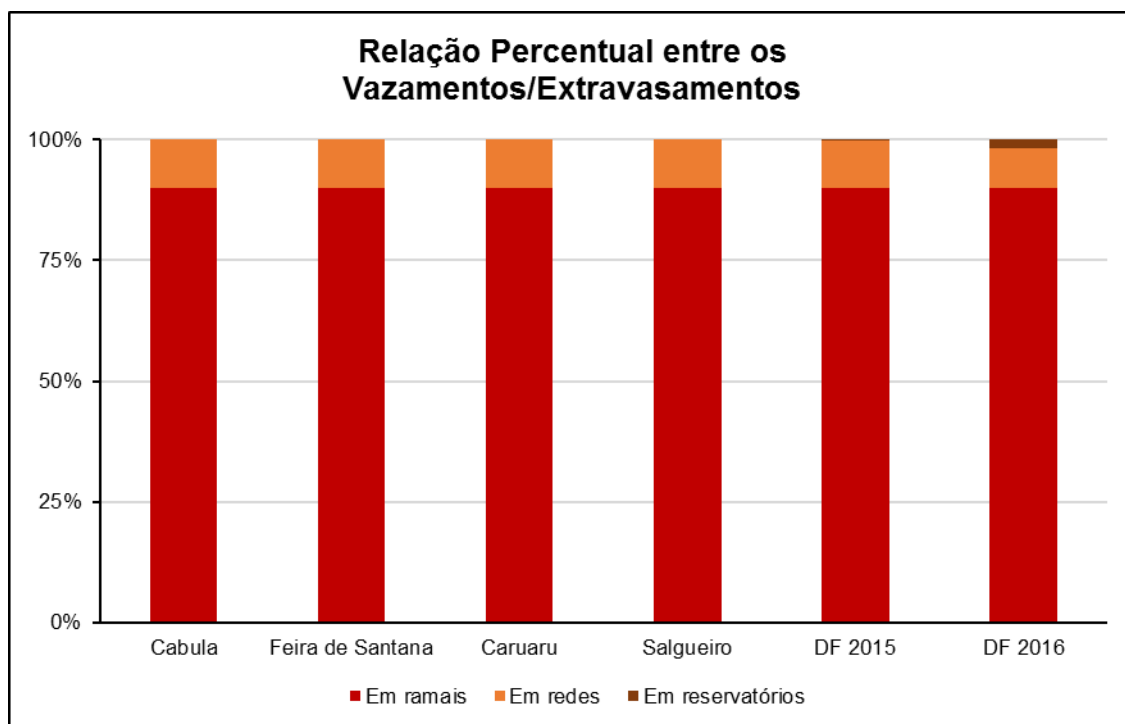
(Fonte: elaboração do autor, com base em dados dos prestadores, 2013 a 2016)

Na Figura 34, assim como na Figura 32, Novo Hamburgo desponta com a maior proporção de perdas de Consumo Não Autorizado em relação às Perdas Aparentes, seguido de Porto Alegre e Florianópolis. Os menores índices são representados por Indaiatuba, Joinville e Jacareí, em ordem decrescente de perdas. A diferença entre os extremos é de 16,60% de Volume de Entrada, com destaque para a diferença entre os dois sistemas com maior percentual de perdas por Consumo Não Autorizado: Novo Hamburgo (20%) e Porto Alegre (13%).

### 5.2.5 Perdas Reais

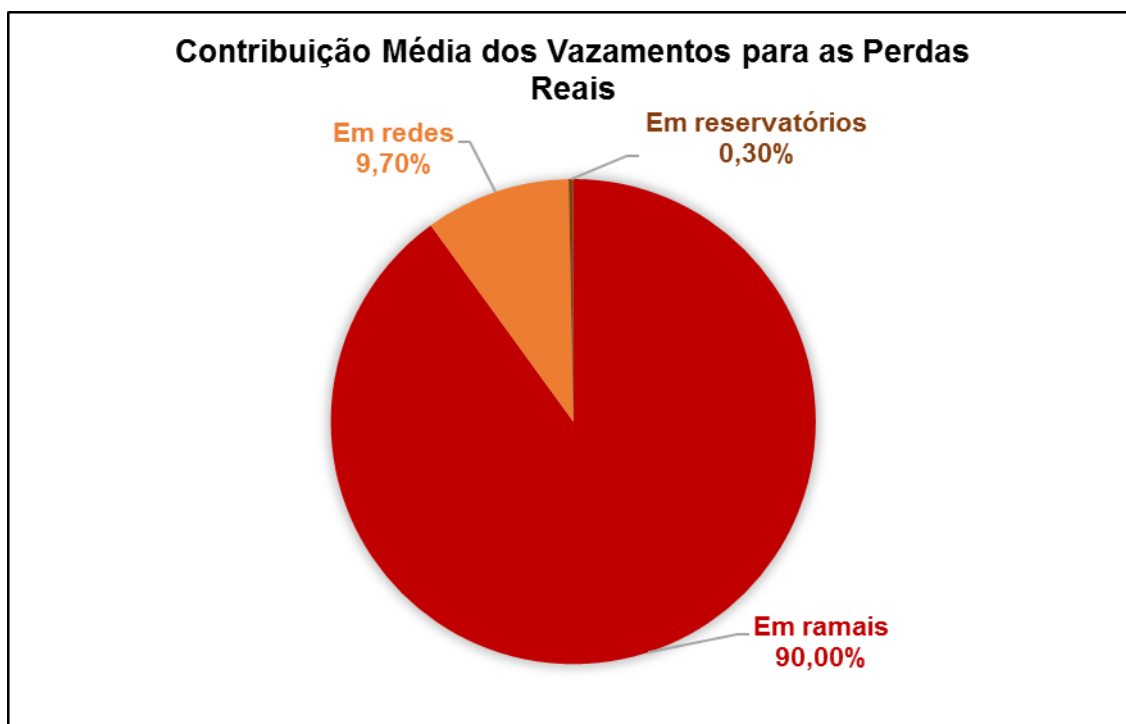
Nas Perdas Reais, os vazamentos nos ramais assumem a maior fração, conforme evidentemente demonstrado nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Vazamentos/extravasamentos segundo EMBASA, COMPESA e CAESB.



(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)

Figura 36 – Distribuição média dos componentes de Perdas Reais.



(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)

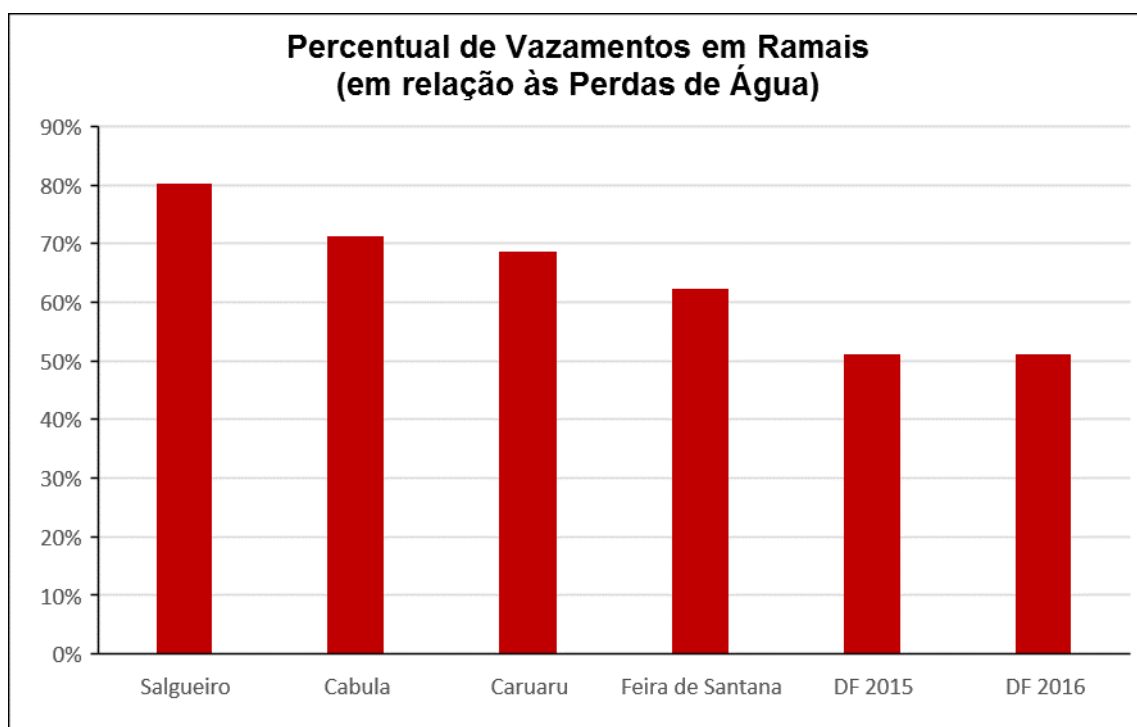
A partir dos dados, compreende-se que, além de as empresas possuírem perdas em reservatório bastante baixas em relação ao total de Perdas Reais, os

vazamentos em reservatórios, por serem 10 vezes superiores a todos os outros tipos de vazamentos e extravasamentos, têm extrema representatividade.

As perdas por vazamentos em ramais em relação às Perdas Reais, conforme dados dos prestadores, são idênticas entre os prestadores EMBASA e COMPESA (90%) e CAESB no ano de 2015, indicando, assim, uma regularidade estimativa. O registro desta última empresa em 2016, porém, apontou para 84,01%.

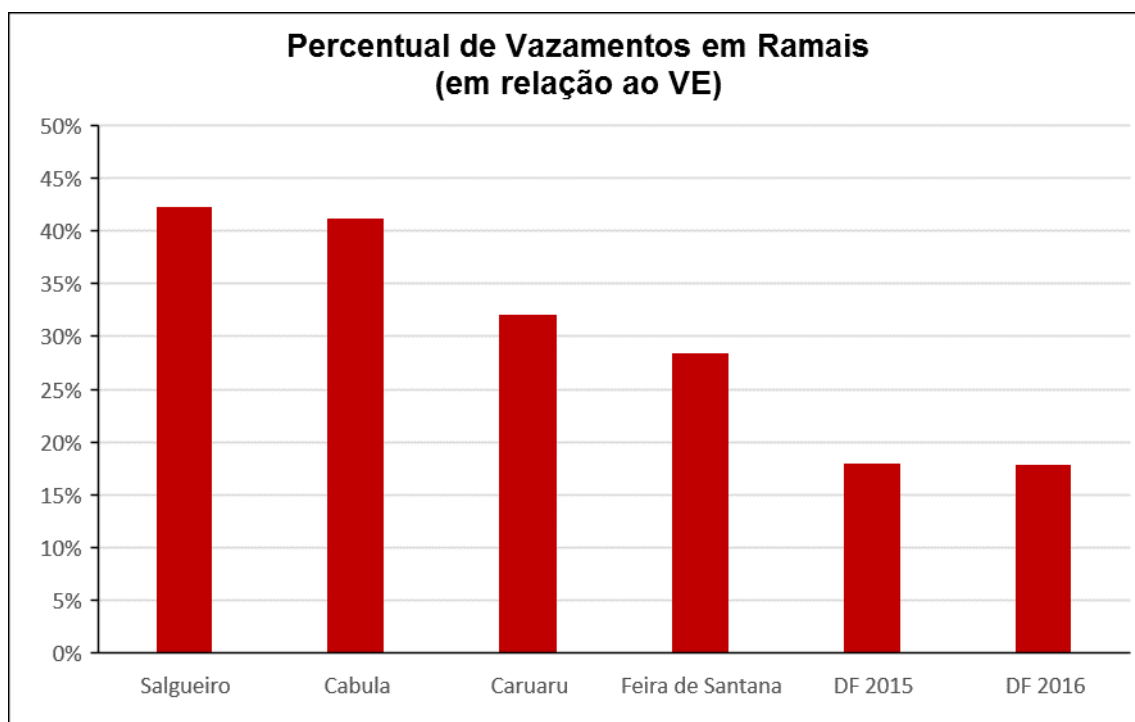
Não obstante, em relação às Perdas de Água e aos Volumes de Entrada, as maiores perdas pertenceram a Salgueiro, Cabula e Caruaru, em ordem decrescente. Na sequência, Feira de Santana e Distrito Federal (2015 e depois 2016) aparecem com perdas menores. As Figuras 37 e 38 ilustram a diferença entre os extremos de cada um desses sistemas, que chega a 24,43% no primeiro e 29,11% no segundo.

**Figura 37 – Vazamentos em Ramais (em % das Perdas de Água).**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)**

**Figura 38 – Vazamentos em Ramais (em % do Volume de Entrada).**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)**

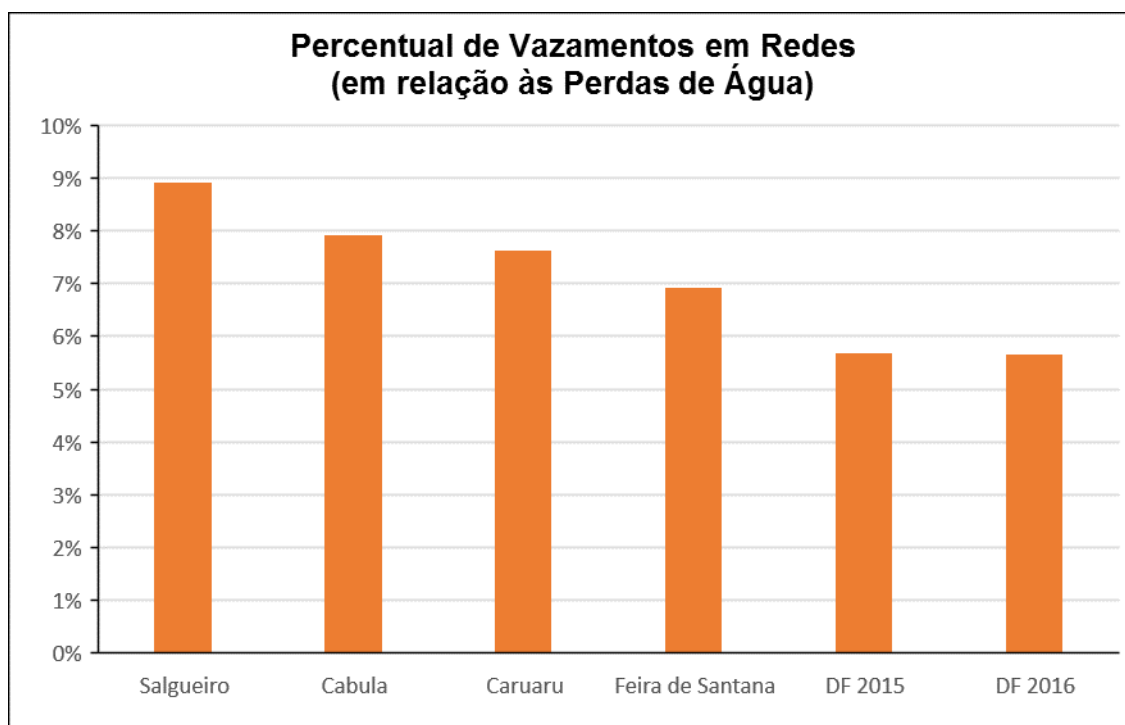
Nesses casos, visivelmente, pode-se perceber que o desempenho dos dois anos no Distrito Federal se destaca pelas melhores condições de seus ramais.

Nas redes, os percentuais de vazamentos comportaram-se de maneira análoga às perdas nos ramais para os mesmos casos. Assim, em relação às Perdas Reais, os percentuais dos municípios da Bahia e de Pernambuco são todos iguais a 10%, enquanto o distrito Federal tem valor semelhante em 2015 (9,98%) e 9,32% em 2016.

Em relação às Perdas de Água e ao Volume de Entrada, os sistemas se posicionam igual ao indicado para vazamentos em ramais, com Salgueiro, Cabula, Caruaru, Feira de Santana, Distrito Federal (2015) e Distrito Federal 2016, em ordem decrescente de índice de perdas. As Figuras 39 e 40 mostram os percentuais, que variam entre 5,7% e 8,92% no primeiro caso e entre 1,98% e 4,70% no segundo.

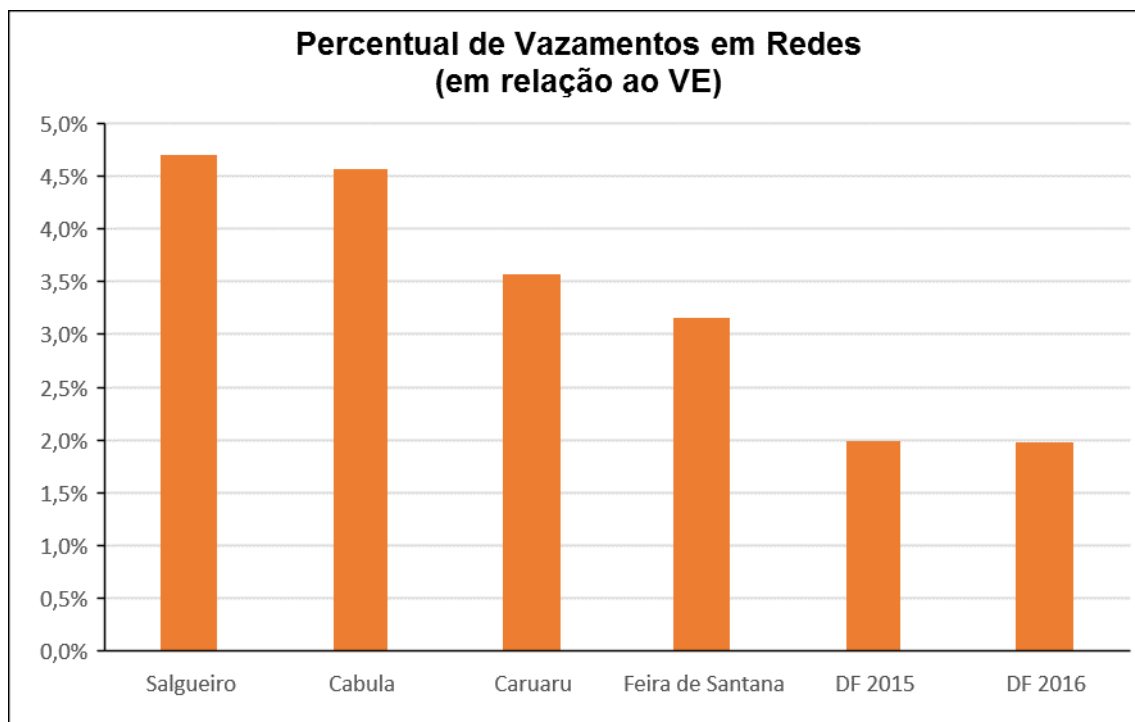


**Figura 39 – Vazamentos em Redes (em % das Perdas de Água).**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)**

**Figura 40 – Vazamentos em Redes (em % do Volume de Entrada).**



**(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)**

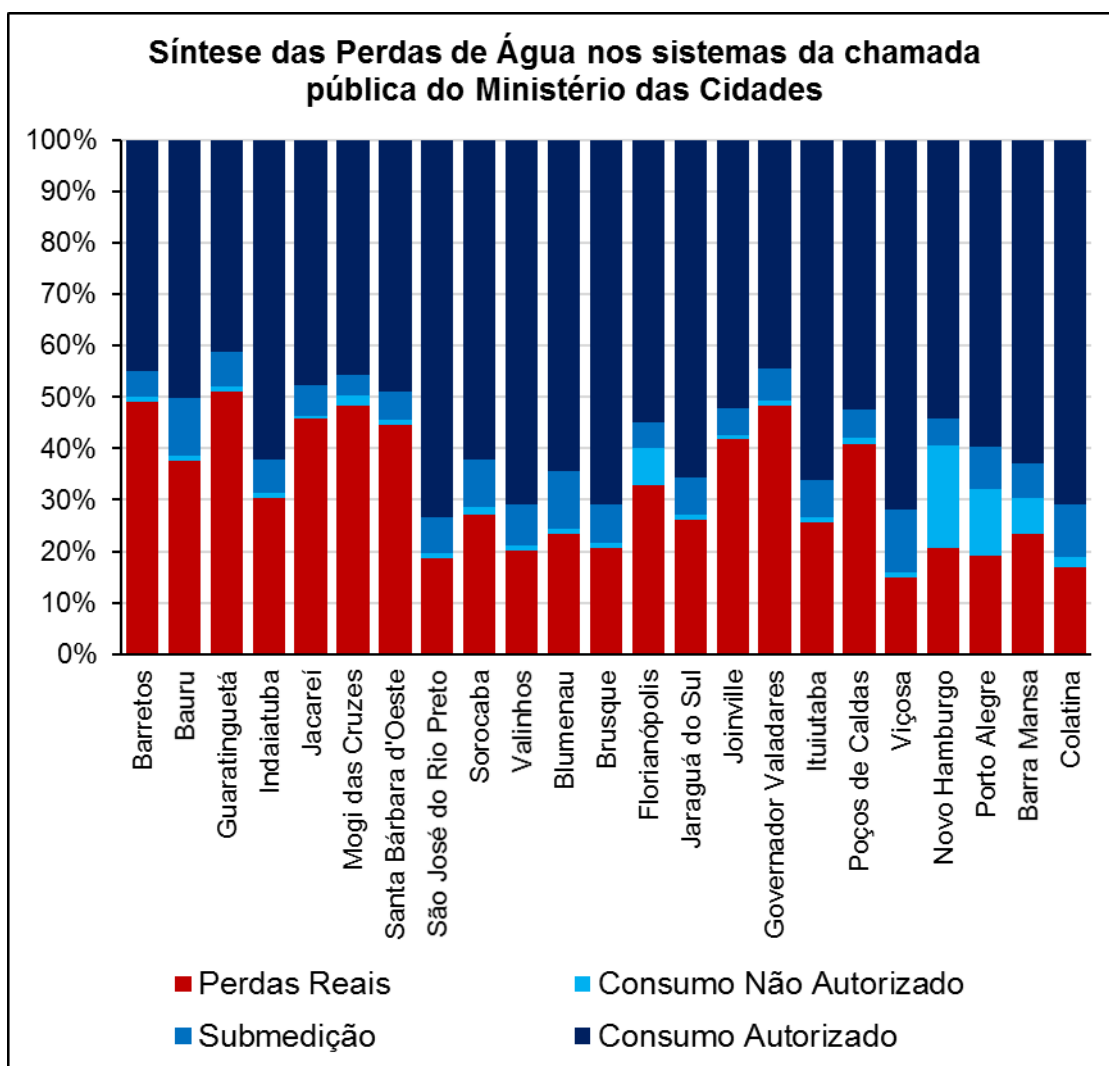
Na Figura 40, os percentuais da CAESB novamente chamam atenção devido ao seu contraste com o valor médio pertencente às companhias.

Em consequência dos números informados para os percentuais de vazamentos em ramais e em redes, as perdas em reservatórios são nulas para EMBASA e COMPESA. De fato, as perdas por vazamentos/extravasamentos em reservatórios foram expostas unicamente pela CAESB, possivelmente em função de esta empresa buscar dados relativos à sua detecção com efetividade. Em todos as 3 relações (Volume de Entrada, Perdas de Água e Perdas Aparentes) deste tipo de vazamento no Distrito Federal, os dados de 2015 e de 2016 apresentam percentuais extremamente díspares, apesar de baixos. Em termos relativos, os dados do segundo ano chegam a ser aproximadamente de 90 a 96 vezes maior que o do primeiro, traduzindo-se em uma diferença de quase 950 mil metros cúbicos em um ano.

#### *5.2.6 Síntese das Perdas*

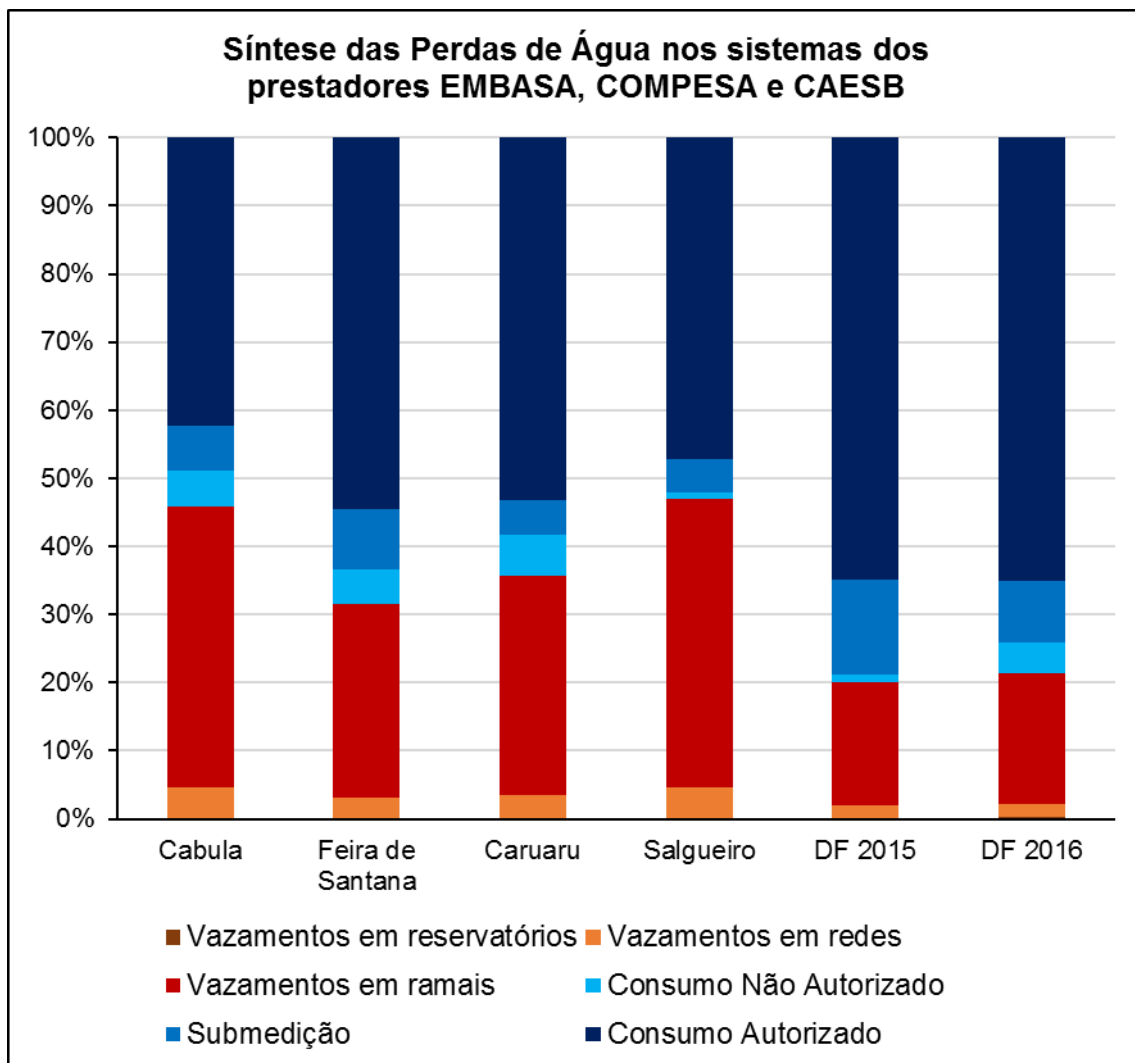
Condensando os dados expostos nas figuras anteriores, as Figura 41 e a Figura 42 registram panoramas com a distribuição do Volume de Entrada (Consumo Autorizado e todas as perdas) revelado por cada sistema. A primeira figura é resultado dos percentuais dos municípios do Sul e do Sudeste pesquisados, os quais não subdividem as Perdas Reais, enquanto a segunda é baseada nos dados da EMBASA, da COMPESA e da CAESB.

Figura 41 - Síntese das Perdas de Água nos sistemas da chamada pública do Ministério das Cidades.



(Fonte: elaboração do autor, com base em Ministério das Cidades, 2016)

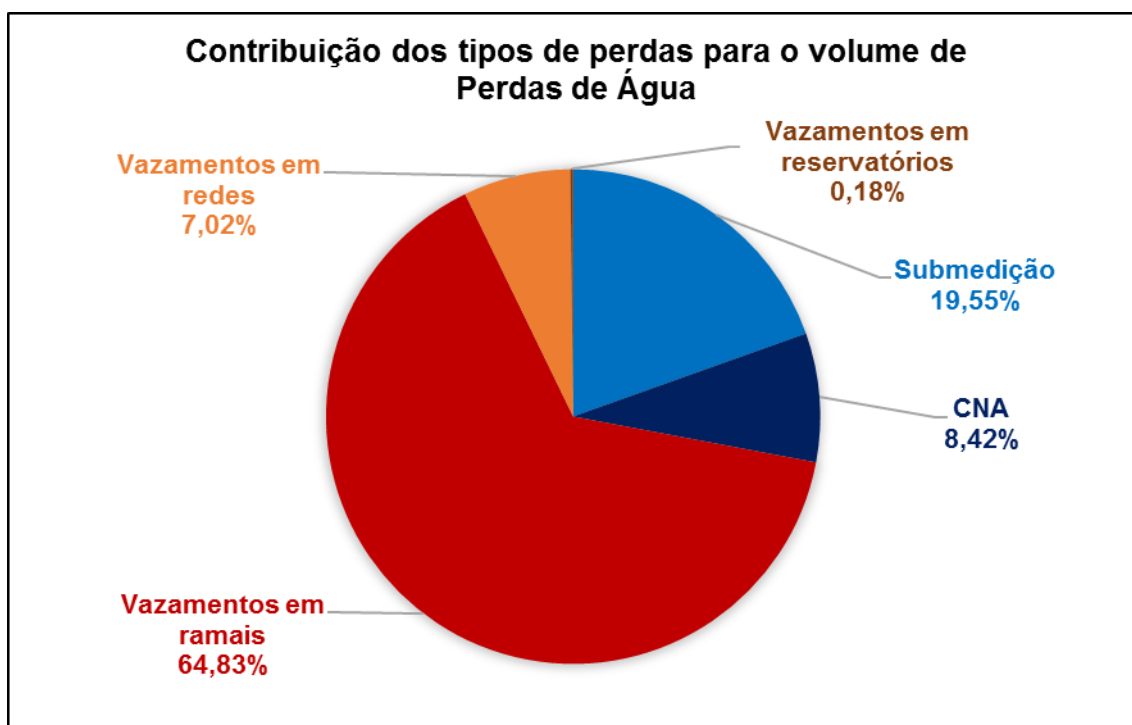
**Figura 42 - Síntese das Perdas de Água nos sistemas dos prestadores EMBASA, COMPESA e CAESB.**



(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)

Em síntese, os componentes em conjunto das Perdas Aparentes e das Perdas Reais se distribuem da maneira ilustrada na Figura 43.

Figura 43 - Distribuição média dos tipos de perdas no volume de Perdas de Água.



(Fonte: elaboração do autor, com base em EMBASA, COMPESA e CAESB, 2013 a 2016)

Enfim é seguro estabelecer, em vista desta representação, que os vazamentos em ramais despontam na representatividade (64,83%) das Perdas de Água ocorridas nos sistemas pesquisados, provavelmente se replicando de maneira similar em amostras de dados ainda mais amplos. Juntamente com a Submedição (19,55%), representa os pontos mais impactantes na gestão de perdas das companhias brasileiras.

## 6 CONCLUSÃO

Os dados constatados por meio da metodologia utilizada foram capazes de elucidar satisfatoriamente as questões levantadas acerca do desempenho dos prestadores, embora não houvesse rígida padronização do preenchimento das informações fornecidas por parte cada empresa. Por esse motivo, tornou-se inevitavelmente necessário desmembrar o universo de sistemas apurados para que não houvesse desequilíbrio nos comparativos estabelecidos. A metodologia não possibilitou, ademais, comparar dados pertinentes ao mesmo período com exatidão em todos os sistemas, mesmo que tais intervalos hajam sido significativamente próximos para a viabilidade da pesquisa.

Com base nos resultados encontrados, verifica-se que pelo menos a maioria dos prestadores brasileiros pesquisados faz uso de estimativas sem sustentação experimental, ou seja, são frequentemente utilizados números arbitrados em função da inexistência de estudos específicos capazes de gerar aproximações mais seguras. Dessa maneira, pode-se afirmar que os processos aplicados pelas diferentes companhias de saneamento levam efetivamente à redução de confiabilidade em relação aos valores de perdas imputados. Em outras palavras, os volumes de perdas oficializados pelas companhias de saneamento podem, de maneira expressiva, ser diferentes dos volumes efetivamente perdidos.

No que tange às quantidades consideradas de perdas nos sistemas avaliados, é possível constatar que, em geral, cerca de dois quintos do Volume de Entrada terminam por converter-se em Perdas de Água. Estas, por sua vez, são constituídas majoritariamente por Perdas Reais, apontando, assim, para o predomínio da precariedade e/ou da ineficiência na administração dos vazamentos/extravasamentos no abastecimento, em detrimento de políticas locais em prol da redução de submedições e de consumos não autorizados.

De acordo com os dados das empresas, os vazamentos em ramais respondem notadamente pela maior parcela das Perdas Reais, seguidos dos vazamentos em redes e dos vazamentos e extravasamentos em reservatórios, os quais são por vezes desprezados. Embora em menor proporção, observa-se que a Submedição gera o maior volume de Perdas Aparentes. Em consideração às Perdas de Água como um todo, depreende-se que as perdas em ramais figuram como principal componente,

ocupando pouco menos de dois terços do total. No mesmo contexto, a submedição fica em segundo lugar, seguido pelos volumes relativamente próximos de Consumo Não Autorizado e de vazamentos em redes. Os vazamentos e extravasamentos em reservatórios têm, nesse caso, baixa representatividade.

Levando em consideração que, devido à carência de dados, os municípios da chamada pública do Ministério das Cidades não se encontram incluídos na comparação relativa aos componentes de Perdas Reais (vazamentos e extravasamentos), os sistemas em destaque entre os maiores índices de perdas, foram:

- Barretos, em Perdas Reais (em relação às Perdas de Água);
- Distrito Federal em 2015, em Submedição (em relação ao Volume de Entrada);
- Distrito Federal em 2016, em vazamentos em reservatórios (em relação ao Volume de Entrada, às Perdas de Água e às Perdas Reais).
- Guaratinguetá, em Perdas de Água e Perdas Reais (ambos em relação ao Volume de Entrada);
- Jacareí, em Submedição (em relação às Perdas Aparentes);
- Novo Hamburgo, em Perdas Aparentes (em relação ao Volume de Entrada e às Perdas de Água) e Consumo Não Autorizado (em relação ao Volume de Entrada, às Perdas de Água e às Perdas Aparentes);
- Salgueiro, em vazamentos em ramais (em relação ao Volume de Entrada) e em redes (em relação às Perdas de Água e ao Volume de Entrada) e
- Viçosa, em Submedição (em relação às Perdas de Água);

Os menores índices ocorreram em:

- Barretos, em Perdas Aparentes (em relação às Perdas de Água);
- Distrito Federal em 2016, em vazamentos em ramais e em redes (ambos em relação ao Volume de Entrada, às Perdas de Água e às Perdas Reais).
- Jacareí, em Consumo Não Autorizado (em relação às Perdas Aparentes, às Perdas de Água e ao Volume de Entrada);
- Mogi das Cruzes, em Submedição (em relação às Perdas de Água e ao

Volume de Entrada);

- Novo Hamburgo, em Perdas Reais (em relação às Perdas de Água) e em Submedição (em relação às Perdas Aparentes);
- Salgueiro, em Perdas de Água (em relação ao Volume de Entrada);
- São José do Rio Preto, em Perdas de Água (em relação ao Volume de Entrada) e
- Viçosa, em Perdas Reais (em relação ao Volume de Entrada);

A disposição das informações nas planilhas não permitiu assegurar os sistemas de menor índice de vazamentos em reservatórios.

Finalmente, a partir dos números fornecidos pelos prestadores e levando em consideração tanto a limitação da amostra quanto as margens de erro incorporadas pelos prestadores, conclui-se que as Perdas de Água ocorrem a níveis alarmantes no Brasil, apontando para a necessidade eminente de melhorias na gestão das empresas em relação ao combate aos vazamentos em ramais, sobretudo.

## 6.1 SUGESTÕES DE TEMAS PARA PESQUISAS FUTURAS

- Comparativo das perdas de água dos sistemas de abastecimento de água do Brasil com os outros países;
- Avaliação do limite economicamente viável de combate às Perdas Aparentes e Perdas Reais nos sistemas de abastecimento de água do Brasil;
- Análise das vantagens e desvantagens de cada indicador de perdas de água no Brasil;



## 7 REFERÊNCIAS

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). **IWA/AWWA Water Audit Method**. Disponível em <<http://www.awwa.org/portals/0/files/resources/water%20knowledge/water%20loss%20control/iwa-awwa-method-awwa-updated.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO (AESBE). **Série Balanço Hídrico**. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa/biblioteca-virtual/4438-com-foco-em-reducao-de-perdas-de-agua>>. Acesso em 09 mar. 2017.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de Água**: Tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 2.

HELLER, L. Concepção de Instalações para o Abastecimento de Água. In: **Abastecimento de água para consumo humano**. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). 2ª ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. Volume 1.

MEDEIROS Fº, C. F. **Abastecimento de Água**. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

MIRANDA; E. C. Gerenciamento de Perdas de Água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2ª ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. Volume 2.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: Ministério das Cidades, Governo Federal, 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: Ministério das Cidades, Governo Federal, 2017.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4 ed. São Paulo: 2014.

YOSHIMOTO, P. M. **Programa de Controle e Redução de Perdas na Região Metropolitana de São Paulo**. Disponível em: <[http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/1C54110AC84FC24C83257243004851C3/\\$File/apimec\\_prog\\_red\\_perdas.pdf](http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/1C54110AC84FC24C83257243004851C3/$File/apimec_prog_red_perdas.pdf)>. Acesso em 29 mai. 2017.