



**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA REDE DE ÁGUA  
E ANÁLISE DO CONSUMO PARA A ÁREA URBANA DE BRAZLÂNDIA**

**RAFAEL ASSIS DOS SANTOS**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL II  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA REDE  
DE ÁGUA E ANÁLISE DO CONSUMO PARA A ÁREA URBANA  
DE BRAZLÂNDIA**

**RAFAEL ASSIS DOS SANTOS**

**ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
CIVIL II**

**BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA  
REDE DE ÁGUA E ANÁLISE DO CONSUMO PARA A ÁREA  
URBANA DE BRAZLÂNDIA**

**RAFAEL ASSIS DOS SANTOS**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**ARTHUR TAVARES SCHLEICHER, MsC (ENC/UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**SÉRGIO KOIDE, PhD (ENC/UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**FRANCISCA DARIANA GONÇALVES LIMA, MsC (CAESB)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 06 DE DEZEMBRO DE 2019.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, RAFAEL ASSIS DOS

Determinação de Parâmetros Hidráulicos da Rede de Água e Análise do Consumo para a Área Urbana de Brazlândia [Distrito Federal] 2019.

xii, 72 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

Monografia de Projeto Final II – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- |                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1. Sistema de Abastecimento de Água | 2. Variação no Consumo    |
| 3. Medidores de Vazão               | 4. Parâmetros Hidráulicos |
| I. ENC/FT/UnB                       | II. Título (Bacharel)     |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, R.A. (2019). *Determinação de Parâmetros Hidráulicos da Rede de Água e Análise do Consumo para a Área Urbana de Brazlândia*. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rafael Assis dos Santos

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II: Determinação de Parâmetros Hidráulicos da Rede de Água e Análise do Consumo para a Área Urbana de Brazlândia.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Rafael Assis dos Santos

C.A.A.C, Chácara 52, Lote 11

CEP: 71090-625 – Brasília/DF – Brasil

E-mail: rafael.assis.engenharia@gmail.com

## AGRADECIMENTOS

A Deus, o Primeiro e o Último, o Alfa e o Ômega, pelo dom da vida e por todas oportunidades concedidas, as quais são matérias-primas de aprendizado.

À minha família, por todo amor e apoio, possibilitando realizar tudo que conquistei na vida. Aos meus pais, Wadjô e Flávia, que sacrificam suas vidas para que todos os filhos se tornem pessoas de bem, cidadãos e profissionais qualificados. Aos meus irmãos, Ana Flávia, Gabriel, Ana Luísa, Ana Maria e Miguel, por dividirem comigo momentos alegres e tristes, pelas brincadeiras, brigas e implicações. Amo todos vocês!

À minha namorada, Raissa, pelo amor, carinho e compreensão em todos os momentos, por me manter motivado e me tornar uma pessoa melhor a cada dia. À minha amada e abençoada filha, minha pequena Jade, por ser o maior presente de Deus na minha vida!

Ao meu orientador Arthur e ao professor Leonardo, pelos conhecimentos transmitidos e auxílio no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado pela atenção, incentivo, disponibilidade e contribuição nos momentos difíceis desse estudo proposto.

À Universidade de Brasília, aos professores, funcionários, grupos de extensão, e a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na minha formação acadêmica profissional.

À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, em especial à Superintendência de Projetos. Aos engenheiros, técnicos, funcionários e estagiários pelo auxílio e conhecimentos compartilhados.

Aos amigos que conheci durante a faculdade e aos que me acompanham de tempos mais longínquos, por compartilhar momentos únicos.

A Deus, o Primeiro e o Último, o Alfa e o Ômega, pelo dom da vida e por todas oportunidades concedidas, as quais são matérias-primas de aprendizado.

A todos, meu muitíssimo obrigado!

## RESUMO

### DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS DA REDE DE ÁGUA E ANÁLISE DO CONSUMO PARA ÁREA URBANA DE BRAZLÂNDIA

**Autor:** Rafael Assis dos Santos

**Orientador:** Arthur Tavares Schleicher

A implantação ou ampliação de sistemas de abastecimento de água apresenta como premissa básica a determinação da vazão de demanda. Essa, por sua vez, requer a avaliação dos parâmetros envolvidos para o seu correto dimensionamento. Dentre esses parâmetros, podem-se observar os coeficientes de variação do consumo, o índice de perdas, e o consumo *per capita* de água. O objetivo geral do presente trabalho foi o de comparar os parâmetros da rede de água mencionados acima para as unidades de distribuição de água, e conseqüentemente para a zona urbana de Brazlândia, analisando esses parâmetros sob a ótica de cada unidade, e sob a ótica da região como um todo. Foi analisado também o volume consumido por categorias de consumo de água na região, e observado se a recente crise hídrica ocorrida no Distrito Federal influenciou no comportamento do consumo da região. Para isso, o trabalho utilizou dados censitários de órgãos governamentais e informações da rede de água fornecidas pela Caesb, consolidando todos esses dados obtidos em uma base georreferenciada. Assim, o estudo conclui que para a zona urbana de Brazlândia como um todo, embora não tenha ocorrido racionamento nessa região, a crise hídrica influenciou no consumo dos moradores. Os coeficientes de variação do consumo ( $K_1=1,14$  e  $K_2=1,45$ ) obtidos encontram-se próximos aos estabelecidos pela literatura na ausência de dados. O índice de perdas para a região ( $IP=35,28\%$ ) está muito próximo ao estimado pela Caesb em seus termos de viabilidade de atendimento para novos empreendimentos. Os dias em que ocorrem as maiores distribuições de água para zona urbana são os de final de semana. O consumo *per capita* efetivo encontra-se abaixo do recomendado pela OMS, e o consumo residencial é responsável pela maior parcela do consumo da região, seguida do consumo público, comercial e industrial. No contexto das limitações observadas nesse estudo, foram feitas sugestões de futuras pesquisas para aperfeiçoamento da metodologia desenvolvida, e visando conferir maior precisão aos resultados obtidos.

Palavras-chaves: sistema de abastecimento de água; variação no consumo; medidores de vazão, parâmetros hidráulicos; geoprocessamento.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2</b>	<b>REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>MEDIDORES DE VAZÃO: MACROMEDIÇÃO E MICROMEDIÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>VARIAÇÕES TEMPORAIS NO CONSUMO E VAZÃO DE ABASTECIMENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>3.5</b>	<b>PERDAS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.6</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES DE ÁGUA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.7</b>	<b>FATORES QUE INTERFEREM NO CONSUMO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.8</b>	<b>CONSUMO <i>PER CAPITA</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>3.9</b>	<b>GEOPROCESSAMENTO NAS ATIVIDADES DE SANEAMENTO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.10</b>	<b>ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>DEFINIÇÃO DA ÁREA PESQUISADA.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Seleção de RA e zona .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Delimitação de Unidades de Distribuição de Água (UDA's) .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Aspecto temporal das informações .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>ETAPAS DE CÁLCULO .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Obtenção dos dados censitários.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Obtenção dos dados da rede .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Tratamento dos Dados .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Determinação dos parâmetros hidráulicos e análise do consumo.....</b>	<b>31</b>

<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS E PARÂMETROS CALCULADOS.....</b>	<b>33</b>
5.1	ESOCOPO DOS RESULTADO .....	33
5.2	CÁLCULO ENVOLVENDO PARÂMETROS CENSITÁRIOS.....	33
5.3	CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE.....	37
5.3.1	Procedimento geral de cálculo.....	37
5.3.2	Cálculo de K1 e K2 .....	39
5.3.3	Estimativa do Índice de Perdas .....	42
5.3.4	Análise da distribuição de água.....	45
5.3.5	Cálculo do Consumo <i>per capita</i> e <i>per capita</i> efetivo.....	48
5.3.6	Tipos de Consumo .....	51
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXO I.....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO II.....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO III.....</b>	<b>67</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Consumo de água por categoria para o período de 2013 a 2017 (Adasa, 2017).	20
Tabela 3.2 – Consumo <i>per capita</i> dos estados brasileiros (SNIS, 2015).	20
Tabela 4.1 – Unidades do Sistema Brazlândia (Caesb, 2018).	26
Tabela 5.1 – Fonte dos dados populacionais utilizados para discretização.	36
Tabela 5.2 – Fonte dos dados populacionais utilizados para discretização.	37
Tabela 5.3 – Síntese dos resultados obtidos no cálculo dos parâmetros K1 e K2.	41
Tabela 5.4 – Síntese dos resultados obtidos no cálculo da estimativa do índice de perdas.	43
Tabela 5.5 – Consumo de água <i>per capita</i> e <i>per capita</i> efetivo (l/hab.dia).	49
Tabela 5.6 – Volumes consumidos por categoria de consumo de água para a Zona Urbana de Brazlândia.	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Modelo geral de um sistema de abastecimento de água (Orsini, 1996).....	5
Figura 3.2 – Tipos de redes de distribuição de água (Gomes, 2004). ....	7
Figura 3.3 – Macromedidores de vazão eletromagnéticos (OMEGA, 2017).....	7
Figura 3.4 – Hidrômetro multijato Classe B (Hidroluna, 2017).....	8
Figura 3.5 –Balanço hídrico em um SAA (IWA 2002).....	11
Figura 3.6 – Técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial (Borges, 2016)....	16
Figura 3.7 – Representação do sistema produtor de água do Distrito Federal (Caesb, 2019)..	18
Figura 3.8 – Consumo <i>per capita</i> do DF para o período entre 2008 e 2015 (Caesb, 2015)....	21
Figura 3.9 – Consumo residencial <i>per capita</i> (l/hab./dia) das RAs em 2016 (Adasa, 2018)...	21
Figura 4.1 – Ocupação territorial por zonas em Brazlândia. ....	24
Figura 4.2 – Setorização e ocupação da zona urbana de Brazlândia (CODEPLAN, 2018)....	25
Figura 4.3 – Aerofotogrametrias realizadas na região em diferentes anos (SEDUH, 2019 - adaptado). ....	25
Figura 4.4 – Representação do SAA urbano de Brazlândia (Caesb, 2019).....	27
Figura 4.5 – Representação das unidades operacionais do Sistema urbano de Brazlândia. ....	27
Figura 4.6 – Fluxograma do sistema de distribuição de água na zona urbana de Brazlândia (Caesb, 2019 – adaptado). ....	28
Figura 4.7 – Fluxograma da metodologia proposta. ....	32
Figura 5.1 – Setores censitários de Brazlândia.....	34
Figura 5.2 – Setores censitários baseados na amostra da PDAD. ....	35
Figura 5.3 – Setores censitários e UDA's da área de estudo. ....	36
Figura 5.4 –Preparo das informações para cálculo dos parâmetros censitários. ....	37
Figura 5.5 – Ligações presentes na área de estudo.....	38
Figura 5.6 –Preparo das informações para o cálculo dos parâmetros da rede.....	39
Figura 5.7 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.001 entre janeiro de 2017 a julho de 2019. ....	44
Figura 5.8 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.002 entre janeiro de 2017 a julho de 2019. ....	44
Figura 5.9 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.003 entre janeiro de 2017 a julho de 2019. ....	44
Figura 5.10 – IP (%) mensal da Zona Urbana de Brazlândia entre janeiro de 2017 a julho de 2019. ....	45
Figura 5.11 – Distribuição média mensal de água entre janeiro de 2014 a julho de 2019.....	46

Figura 5.12 – Curva de distribuição média de água para a Zona Urbana de Brazlândia por dia da semana. ....	47
Figura 5.13 – Curva adimensional de distribuição de água da Zona Urbana de Brazlândia....	48
Figura 5.14 – Consumo de água <i>per capita</i> entre janeiro de 2017 a julho de 2019.....	50
Figura 5.15 – Consumo de água <i>per capita</i> efetivo entre janeiro de 2017 a julho de 2019.....	50

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações**

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
- ANA – Agência Nacional de Águas
- AWWA – American Water Works Association
- DF – Distrito Federal
- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal
- CRH – Conselho de Recursos Hídricos
- ETAs – Estações de Tratamento de Água
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
- GIS – Geographic Information System
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IWA – International Water Association
- K1 – Coeficiente do dia de maior consumo
- K2 – Coeficiente da hora de maior consumo
- MS – Ministério da Saúde
- OMS – Organização Mundial da Saúde
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PDAD – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio
- PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial
- PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
- PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
- RAs – Regiões Administrativas
- SAA – Sistema de Abastecimento de Água
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SEDUH – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

# 1 INTRODUÇÃO

Além de representar um recurso indispensável à vida, manutenção da saúde e garantia da qualidade de vida das populações, a água presta-se a diversos usos que incluem por exemplo a geração de energia, irrigação, abastecimento doméstico, entre outros. Ao longo da história da humanidade, observa-se que as civilizações se desenvolveram próximas aos cursos d'água, demonstrando que a disponibilidade desse recurso natural sempre foi um fator determinante para a escolha dos locais de fixação das comunidades (Matos, 2007).

Entretanto, sabe-se que a escassez de água é uma realidade em todas as partes do globo, e a Organização das Nações Unidas (ONU, 2018) aponta que a demanda global por água tem aumentado a uma taxa de cerca de 1% ao ano em função do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e da mudança nos padrões de consumo, entre outros fatores. Estima-se, ainda, que o consumo continuará crescendo significativamente nas próximas duas décadas, principalmente as demandas industrial e doméstica (ONU, 2018). Ao mesmo passo, observa-se a relação entre o aumento da intensidade e periodicidade de eventos hidrológicos extremos devido às mudanças climáticas que estão ocorrendo no planeta.

No Brasil, uma das maiores dificuldades em relação ao acesso à água é a desigualdade regional na oferta desse recurso, associada à forte desigualdade social, como pode ser percebida pelos índices de abastecimento de água nos centros urbanos. No âmbito do Distrito Federal (DF), houve recentemente um período de crise hídrica relacionado não só com a baixa disponibilidade hídrica, mas também com o aumento da demanda populacional, falta de investimentos, pluviosidade inferior à média histórica, extenso período de seca, entre outros fatores (CODEPLAN, 2018). De acordo com MacDonald *et al.* (2014) e Jiménez *et al.* (2017), uma gestão eficiente da água em um cenário de crescente escassez e aumento da demanda representa um propósito relevante, principalmente em países em desenvolvimento, especificamente em áreas urbanas.

Dessa maneira, visando a sustentabilidade dos serviços de distribuição de água (mantendo o aspecto quantitativo e qualitativo desse recurso), deve haver um planejamento que, a partir do diagnóstico das infraestruturas existentes, projete uma capacidade de absorver demandas futuras assim como possa prever a necessidade de eventual expansão dos sistemas. A Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), também conhecida como Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Hídricos (SINGREH), com o objetivo de gerenciar a utilização da água sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Nessa referida lei, um aspecto importante a se destacar foi a definição da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão hídrica.

No DF, conforme acordado pela Resolução N°5/2006 (CRH/DF, 2006) e em alinhamento com as políticas nacionais, foram instituídos os Comitês de Bacia Hidrográfica, com o objetivo de promover esse uso racional das águas com vistas a contemplar seus usos múltiplos. A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa), por meio de sua Resolução nº 14/2011, ainda trata sobre o licenciamento e implantação de novos loteamentos, condomínios horizontais e outros empreendimentos, afirmando que a responsabilidade pelo projeto de novas redes de água deve ser do empreendedor, com a supervisão e orientação da Caesb.

Ainda nesse contexto, um dos grandes desafios do planejamento se dá na dificuldade de se prever o futuro em dinâmicas urbanas, por vezes complexas. A complexidade de identificar o padrão de consumo de água é justificada pela interferência de vários fatores, por vezes, difíceis de serem mensurados. A existência ou não de sistema de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima, os hábitos da população, o grau de escolaridade do responsável pela residência, a renda familiar, o valor da tarifa, as características da habitação e a falta de uma medição sistemática são alguns dos fatores que influenciam no consumo de água (FUNASA, 2004, Tsutiya, 2006).

Para as empresas responsáveis pelo abastecimento de água das grandes cidades, a complexidade consiste na tentativa de conciliar o atendimento da demanda com a disponibilidade hídrica, uma vez que as captações estão cada vez mais distantes dos centros de consumo, o que eleva os custos de adução (Guidu, 2016). Nesse sentido, entender o comportamento da variação de consumo de água é fundamental para soluções mais seguras e econômicas na gestão da operação, manutenção, ampliação e dimensionamento dos sistemas de abastecimento.

Dessa forma, diversas pesquisas reconhecem que o consumo de água está diretamente relacionado às condições socioeconômicas da população (Von Sperling *et al.*, 2002; Brandão; Paviani, 2015; Guedes *et al.*, 2016). Isso ocorre porque quanto maior o nível de renda, maior o consumo de água, em virtude da utilização de equipamentos e usos diversos que visam obter maior conforto (Guedes *et al.*, 2016). Por outro lado, estudos têm investigado a relação entre o

padrão de moradia e suas características, e se isso tem implicação no maior ou menor consumo de água (Paviani; Brandão, 2015).

Dando continuidade à essa linha de pensamento, o presente trabalho visa, junto aos dados de macromedição e micromedição, determinar parâmetros hidráulicos da rede de água de Brazlândia. Com este estudo pretende-se compreender também a variação e o comportamento do consumo de água para seus diferentes usos em um período de 5 anos, e correlacioná-los com parâmetros censitários, de forma a se apresentar como subsídio para políticas públicas de saneamento e ferramenta de planejamento urbano, visto que auxilia na compreensão da dinâmica do consumo para esta e outras regiões administrativas do Distrito Federal.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é determinar parâmetros hidráulicos de distribuição da rede de água para a área urbana de Brazlândia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Visando atender o objetivo geral, o trabalho busca analisar a região administrativa de Brazlândia. Dessa maneira, os objetivos específicos se concentram nos seguintes itens:

- Determinar os coeficientes de variação do consumo (K1 e K2);
- Estimar perdas de água, que incluirão perdas reais e aparentes;
- Determinar índices de consumo de água *per capita*;
- Analisar o consumo para a área urbana de Brazlândia em um período anterior, durante, e após a crise hídrica do DF, analisando o comportamento e padrão do consumo no sistema durante esse período.



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água, conforme o Manual de Saneamento (FUNASA, 2004), caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento às populações em quantidade compatível com suas necessidades. De acordo com a NBR 12218/2017 (ABNT, 2017), trata-se de uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos destinados à produção e à distribuição de água para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Esse sistema apresenta relevância social, econômica e sanitária, visto que sua implantação ou melhoria repercute diretamente sobre a saúde e qualidade de vida da população. É composto geralmente por seis elementos: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição. Entretanto, a ordem não precisa ser necessariamente essa, e nem todos os componentes estarão presentes em todos os sistemas de abastecimento. Um exemplo é o caso de as condições topográficas do terreno serem favoráveis e não demandarem sistema de recalque, ou a água do manancial ser naturalmente potável e não ser necessário a criação de uma estação de tratamento de água, sendo necessária apenas a realização da etapa de cloração da água. A Figura 3.1 apresenta um modelo geral de um sistema de abastecimento de água.

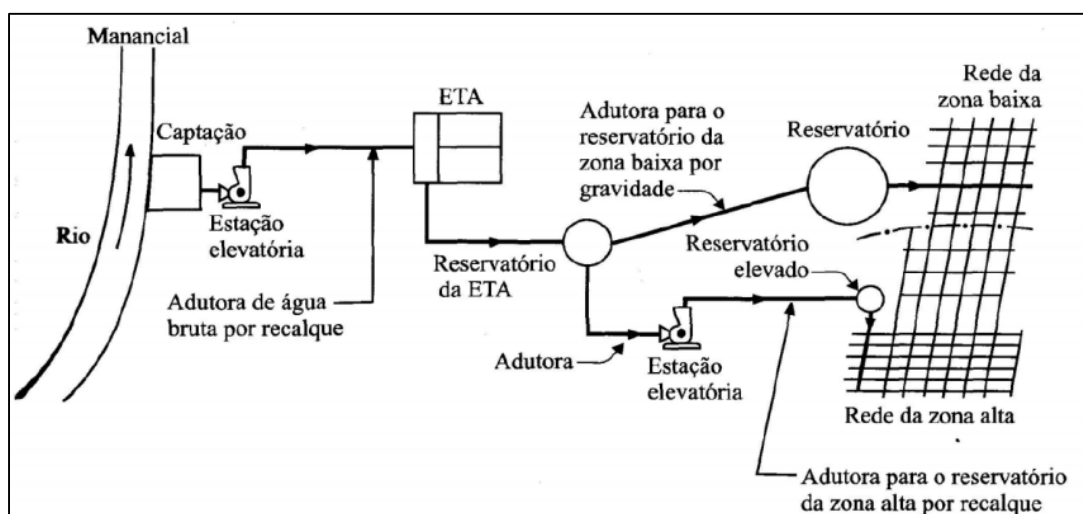


Figura 3.1 – Modelo geral de um sistema de abastecimento de água (Orsini, 1996).

Dentre os principais componentes e elementos a rede de distribuição é a parte mais dispendiosa de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), é o elemento que mais causa perdas e falhas e o mais importante para que o abastecimento ocorra (Heller e Pádua, 2006).

### **3.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Responsável por até 76% do custo de um sistema convencional de abastecimento (Tsutiya, 2006), as redes de distribuição são compostas por todas as tubulações e dispositivos anexos interligados entre si e localizados nas vias, com função de encaminhar a água aos seus usuários finais em regime contínuo, com pressão adequada e atendendo a todos os padrões de consumo necessários (Heller, 2006). Por se tratar de um elemento enterrado, sua manutenção é por vezes negligenciada acarretando em projetos excessivamente conservadores.

As redes de distribuição são formadas por dois tipos de canalizações (Tsutiya, 2006): as principais e as secundárias. As principais, também conhecidas como mestra ou conduto tronco, são aquelas de maior diâmetro que têm a finalidade de levar água às canalizações secundárias. Já estas são de menor diâmetro, e possuem a finalidade de abastecer os pontos de consumo no sistema de distribuição.

De acordo com as características do tipo de traçado destes condutos, classificam-se em:

- Rede ramificada: configuração característica de áreas que possuem um desenvolvimento linear em que as ruas não conectam entre si devido a problemas na topografia local ou de traçados urbanos. Podem ter traçados do tipo espinha de peixe ou em grelha.
- Rede malhada: configuração típica de áreas com ruas formando malhas viárias. As tubulações principais formam blocos ou anéis permitindo o abastecimento do sistema por mais de um caminho, favorecendo a manutenção na rede com o mínimo possível de interrupções no abastecimento.
- Rede mista: combinação da rede ramificada com a rede malhada.

A Figura 3.2 apresenta de forma esquemática os diferentes tipos de traçado que uma rede de distribuição pode apresentar.

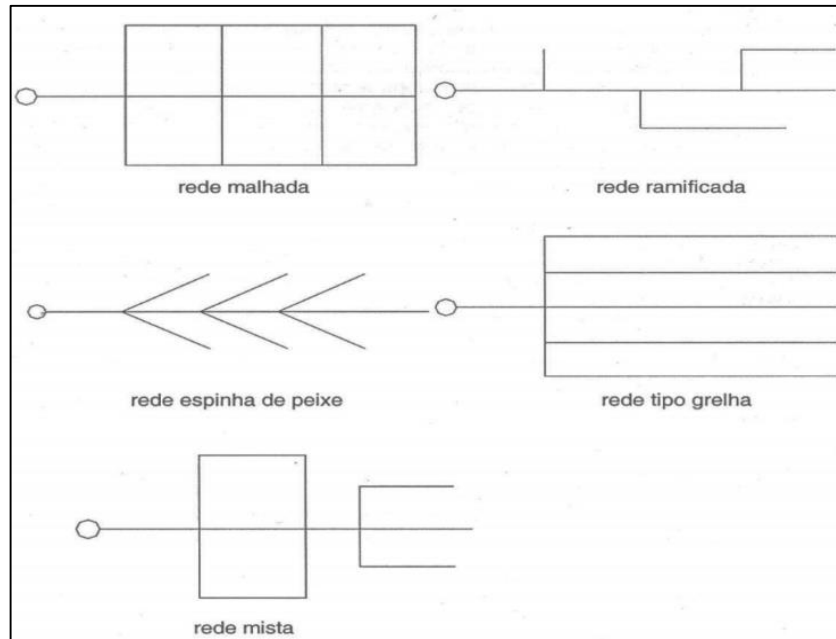


Figura 3.2 – Tipos de redes de distribuição de água (Gomes, 2004).

### 3.3 MEDIDORES DE VAZÃO: MACROMEDIÇÃO E MICROMEDIÇÃO

Existem dois tipos de medição de vazão em um sistema de abastecimento de água: a macromedição e a micromedição. A macromedição corresponde ao conjunto de medições capazes de aferir vazões de grande porte, realizadas desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição, sendo fundamental para gerar informações que balizem programas de controle de perdas e tomadas de decisões na operação de um sistema de abastecimento. Geralmente os macromedidores (Figura 3.3) são instalados na captação de água bruta, no tratamento de água, nos centros de reservação e distribuição e/ou estações elevatórias de água e nas derivações de adutoras.



Figura 3.3 – Macromedidores de vazão eletromagnéticos (OMEGA, 2017).

Já a micromedição é a medida do volume de água consumido pelos usuários de um ramal predial, e é registrada periodicamente por meio de hidrômetros (Figura 3.4). No Brasil, os hidrômetros mais comuns utilizados são os do tipo velocímetros, devido ao baixo custo e simplicidade de manutenção. Vale destacar que um sistema de hidrômetros, aliado a uma boa prática tarifária, permite a distribuição justa e equitativa dos serviços prestados e, em decorrência, uma maior justiça social (Coelho, 1983).

Ainda nesse contexto, Mendonça (1975) aponta que o emprego de medidores disciplina o consumo, diminui o desperdício e normaliza a demanda de água, pois, a aplicação de controle e cobrança reduz o consumo, principalmente para fins frívolos, e reduz os desperdícios favorecendo o equilíbrio da rede de distribuição, proporcionando um fornecimento mais igualitário. Da mesma forma, a Lei nº 9.433/1997 ratifica que a cobrança pelo uso da água tem por objetivo incentivar a racionalização do uso desse recurso. Assim, pode-se perceber a ação fiscalizadora e economizadora das instalações de hidrômetros.

Uma ressalva a ser feita é a de que a micromedição está associada fortemente à precisão da medição, que depende da classe metrológica do medidor, do tempo de instalação, da forma como o medidor está instalado e do perfil de consumo. Medidores parados ou com indicações inferiores aos consumos reais, além da evidente perda de faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas no sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada e faturada (SNSA, 2008).



Figura 3.4 – Hidrômetro multijato Classe B (Hidroluna, 2017).

### 3.4 VARIAÇÕES TEMPORAIS NO CONSUMO E VAZÃO DE ABASTECIMENTO

Em um sistema de abastecimento de água podem ocorrer variações significativas no consumo, as quais podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No dimensionamento de um SAA algumas dessas variações no consumo são levadas em consideração no cálculo de dimensionamento da vazão do sistema. Dessa maneira, observam-se:

- Variações anuais: nas quais, em geral, o consumo *per capita* tende a aumentar com o crescimento da população (no DF observa-se uma contraposição à essa informação, conforme pode ser visto adiante na Figura 3.8). Geralmente aceita-se um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa.
- Variações mensais: ocasionadas pelas variações climáticas (temperatura e precipitação) que ocorrem ao longo do ano. Dessa forma, em geral, quanto mais quente e seco for o clima, maior é o consumo verificado.
- Variações diárias: o volume distribuído ao longo de um ano em um SAA permite o conhecimento da vazão média diária anual. A relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média diária anual fornece o coeficiente do dia de maior consumo (K1). A NBR 12.211 afirma que esse parâmetro que pode ser calculado pela Equação (3.1) como sendo:

$$K1 = \frac{\text{vazão média do dia de maior consumo}}{\text{vazão média diária anual}} \quad (3.1)$$

Esta norma aborda que para o cálculo desse parâmetro deve-se considerar as mesmas ligações, e recomenda que sejam considerados, no mínimo, cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados. Em geral, o valor de K1 varia entre 1,2 e 2,0 dependendo das condições locais (usualmente na literatura é adotado um valor de K1 igual a 1,2).

- Variações horárias: ao longo do dia tem-se valores distintos de pico de vazões horária. Entretanto, há uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo é máxima. Para levar em conta essa variação no dimensionamento de um SAA, é utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (K2), que é a relação entre o máximo consumo horário

verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo, como mostra a Equação (3.2):

$$K2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia de maior consumo}}{\text{vazão média horária do dia de maior consumo}} \quad (3.2)$$

Observações realizadas em diversas cidades apontam que o valor de K2 oscila bastante, podendo variar entre 1,5 e 3,0 (usualmente na literatura é adotado um valor de K2 igual a 1,5), embora sabe-se que o consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada. Assim, para medição desse coeficiente é necessária a instalação de medidores capazes de registrar ou permitir o cálculo das vazões distribuídas em cada hora.

Tendo em vista as variações temporais no consumo que podem ocorrer, o dimensionamento da vazão de abastecimento, considerando o consumo médio *per capita*, pode ser estimada por meio da Equação 3.3:

$$Q = K1 \times K2 \times \frac{P_h \times q}{86400} \quad (3.3)$$

Em que:

Q: Vazão média anual, em l/s;

K1: coeficiente do dia de maior consumo;

K2: coeficiente da hora de maior consumo;

$P_h$  : População, em hab;

q: consumo médio diário *per capita*, em l/hab.dia.

Vale ressaltar que o coeficiente K1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do SAA, enquanto o coeficiente K2 é utilizado apenas no cálculo da rede de distribuição.

### 3.5 PERDAS

O nível de perdas de água constitui um índice relevante para medir a eficiência dos SAA. A International Water Association (IWA), procurando padronizar o entendimento das perdas dos usos da água em um sistema de abastecimento, criou uma matriz, mostrada na Figura 3.5, que representa o Balanço Hídrico em um SAA. Em termos de volume perdido, a maior incidência

ocorre nas tubulações da rede distribuidora. O volume de água produzido que ingressa no sistema pode ser classificado como consumo autorizado ou perdas.

O consumo autorizado faz referência ao recurso hídrico fornecido aos clientes autorizados (medidos ou não), enquanto as perdas correspondem à diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado, conforme pode ser observado na matriz de balanço hídrico em um SAA.

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água Faturada
			Consumo faturado não medido (estimado)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa, entre outros)	Água não Faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes (comerciais)	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais (físicas)	Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios (de adução e/ou distribuição)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes (de distribuição)	
			Vazamentos nos ramais até o ponto de medição do cliente	

Figura 3.5 –Balanço hídrico em um SAA (IWA 2002).

Como pode ser observado, as perdas aparentes têm impacto direto sobre a receita das empresas prestadoras de serviço, visto que elas equivalem a volumes produzidos e consumidos, mas não faturados. Na mesma medida, as perdas reais afetam diretamente os custos de produção e a

demanda hídrica, uma vez que demandam uma captação e uma produção de água superior à que efetivamente é necessária.

Estudo realizado pela Organização Mundial de Saúde – OMS, e que originou um documento sobre a evolução mundial do abastecimento de água no ano 2000, cita que maior parte da água não contabilizada se deve às perdas físicas no sistema de distribuição (OMS, 2003).

Dessa forma, a quantificação das perdas em uma rede de distribuição, bem como a implementação de programas estratégicos, objetivando sua redução, constitui importante medida cujos benefícios incluem a redução dos custos de produção e a ampliação da oferta – pois induz à redução de desperdícios, pela tarifação dos volumes efetivamente consumidos (Silva *et al.*, 1998).

Para quantificar as perdas reais e aparentes são utilizados os indicadores de perdas. Esses indicadores, além de retratar a situação das perdas, permitem gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e comparar sistemas de abastecimento de água distintos. Entre esses indicadores que serão utilizados neste estudo podem ser mencionados:

- Indicador percentual: relaciona o volume total perdido (perdas reais e perdas aparentes) com o volume fornecido ao sistema, em determinado período de tempo. Esse indicador pode retratar as perdas do sistema como um todo, ou apenas parte do sistema de abastecimento. A Equação 3.4 apresenta como se calcula esse indicador para a rede de distribuição de água.

$$IP (\%) = \frac{\text{Volume perdido}}{\text{Volume fornecido}} \times 100 \quad (3.4)$$

O indicador percentual é o mais utilizado e o mais fácil de ser compreendido, entretanto, esse indicador tem sido considerado no meio técnico como inadequado para avaliação de desempenho operacional, uma vez que é fortemente influenciado pelo consumo, ou seja, para um mesmo volume de água perdida, quanto maior o consumo menor o índice de perdas em percentual. Além disso, esse indicador imprime uma característica de homogeneidade aos sistemas, que não ocorre na prática, pois fatores chaves principais com impacto sobre as perdas são diferentes de sistema para sistema, tais como, a pressão de operação, a extensão de rede e a quantidade de ligações atendidas (SNIS, 2005).



- Índice de perdas por ramal: relaciona o volume perdido total anual com o número médio de ramais existente na rede de distribuição de água. Esse indicador é recomendável quando a densidade de ramais for superior a 20 ramais/km, valor que ocorre praticamente em todas as áreas urbanas. A Equação 3.5 apresenta como se calcula esse índice:

$$IP_R(m^3/ramal.dia) = \frac{\text{Volume perdido anual}}{n^{\circ} \text{ de ramais} \times 365} \quad (3.5)$$

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES DE ÁGUA

A classificação dos consumidores por categorias de consumo é uma prática comum nas prestadoras de serviços de saneamento. A divisão baseia-se no fato de que essas categorias são claramente identificáveis, e devido à necessidade de estabelecimento de políticas tarifárias e de cobranças diferenciadas (Tsutiya, 2006). Dessa forma, comumente os consumidores são classificados em quatro grandes categorias: doméstico, comercial, industrial, público.

A água para consumo doméstico corresponde a sua utilização residencial, tanto na área interna como na área externa da habitação. Na área interna, a água pode ser utilizada para bebida, higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa, lavagem de utensílios domésticos e limpeza em geral. Para a área externa, utiliza-se a água para rega de jardins, limpeza de pisos e fachadas, piscinas, lavagem de veículos, etc. (Tsutiya, 2006).

Várias são as atividades comerciais que utilizam a água para esse fim, de modo que, nessa categoria ocorrem desde pequenos até grandes consumidores como: bares, padarias, restaurantes, lanchonetes, hospitais, hotéis, postos de gasolina, lava-rápidos, clubes, lojas, prédios comerciais, entre outros.

Na categoria industrial, de acordo com relatório elaborado pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), a água pode ser utilizada para ser incorporada em produtos, bem como na limpeza de instalações, preparação de alimentos, além de formas de higiene pessoal, assim como em descarga de bacias sanitárias, rega, entre outros.

Já a demanda de água referente à utilização pública é representada pelo consumo em chafarizes, bebedouros e fontes, órgãos públicos desprovidos de medidores, irrigação de jardins públicos,

limpeza de vias, entre outros. O consumo público, assim como as demandas comercial e industrial, guarda estreita relação com o porte da cidade.

Yoshida *et al.* (1999) destaca a variabilidade no consumo conforme a sua classe, sendo que a de consumo doméstico é a mais homogênea de todas, no sentido de que a variabilidade no uso da água em residências é relativamente pequena quando comparada com as outras classes.

### **3.7 FATORES QUE INTERFEREM NO CONSUMO**

Muitas pesquisas têm buscado relacionar a demanda por água às variáveis socioeconômicas, climatológicas e a características do próprio imóvel. Porém a caracterização do consumo de água representa um problema complexo em função do grande número de variáveis envolvidas. De acordo com Tsutiya (2006), Heller e Pádua (2006), o consumo de água depende de fatores que podem ser agrupados em seis classes, apresentadas a seguir:

- Características físicas: temperatura do ar, intensidade e frequência de precipitação, etc.;
- Renda familiar ou nível socioeconômico;
- Características da habitação: área do terreno, área construída do imóvel, número de habitantes, etc.;
- Características do abastecimento de água: pressão na rede, qualidade da água;
- Forma de gerenciamento do sistema de abastecimento: micromedição, tarifas, etc.;
- Características culturais da comunidade.

Neste trabalho serão analisados junto aos dados de consumo diferentes fatores socioeconômicos da região de Brazlândia, com intuito de compreender o comportamento do mesmo na região.

### **3.8 CONSUMO *PER CAPITA***

O projeto do SAA para uma cidade depende de parâmetros como o número de habitantes a ser abastecido e a quantidade de água necessária a cada indivíduo. Para tanto, costuma-se recorrer a projeções populacionais e indicadores *per capita* de consumo de água (Tsutiya, 2006). Nesse sentido, a estimativa de consumo *per capita* deve satisfazer os diversos usos (residencial, comercial, industrial e público), bem como considerar as perdas no sistema.

A cota *per capita* de água “q” é geralmente calculada pelos prestadores de serviço de saneamento, responsáveis pelo abastecimento, com base em suas características operacionais e nos padrões de consumo de cada região, como sendo o volume total distribuído, medido ou estimado, dividido pela população total servida, em um período de tempo (FUNASA, 2004), conforme pode-se observar na Equação (3.6):

$$q = \frac{V_c}{NE \times ND \times \frac{NH}{L} \times (1 - I)} = \frac{V_{md}}{P_h} \quad (3.6)$$

Em que:

$V_c$  : Volume consumido medido pelos hidrômetros (L);

$V_{md}$ : Volume médio diário consumido por uma dada população (L/dia);

$P_h$  : População (hab);

I: Índice Total de Perdas;

NE: Número de Economias;

ND: Número de dias da medição pelos hidrômetros;

$\frac{NH}{L}$  : Número médio de habitantes por economia.

É importante conceituar a diferença entre consumo efetivo *per capita* e consumo *per capita*, sendo primordialmente a localização onde tais valores ocorrem. O consumo efetivo *per capita* é aquele que fora faturado, consumido pelo usuário, já descontando as perdas associadas à distribuição. O consumo *per capita* é aquele macro medido nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) e macromedidores das adutoras, associado ao volume distribuído. (Dower, 2018).

Uma das dificuldades encontradas pelos projetistas na determinação do consumo residencial é a adoção de volumes *per capita* que se aproximem do consumo real. Historicamente no Brasil, por não haver dados de medições sistemáticas e seguras, a elaboração dos projetos vem sendo realizada com base em números consagrados de consumo médio presentes na literatura, importada de países desenvolvidos, ou de prestadores de serviço com experiência na área (Matos, 2007).

### 3.9 GEOPROCESSAMENTO NAS ATIVIDADES DE SANEAMENTO

Em um passado recente, a utilização de mapas impressos em papel dificultava a realização de análises que combinassem mapas e dados relativos às diversas atividades humanas

desenvolvidas sobre o espaço geográfico. Com o desenvolvimento da informática durante a segunda metade do século XX, permitiu-se a representação computacional de dados espaciais, fazendo surgir o Geoprocessamento.

O Geoprocessamento pode ser definido como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (Câmara; Davis, 2001). A informação geográfica (também conhecida como informação georreferenciada), por sua vez, é aquela que representa elementos do mundo real e possui referências espaciais (Borges, 2015). O Geoprocessamento utiliza-se de outros campos do conhecimento e técnicas chamadas de geotecnologias, dedicadas a coletar, armazenar, analisar e compartilhar a informação geográfica.



Figura 3.6 – Técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial (Borges, 2016).

A ferramenta computacional para a realização da atividade de Geoprocessamento é denominada de Sistema de Informação Geográfica (SIG), conhecido também pela sigla em inglês GIS (*Geographic Information System*). O SIG pode ser aplicado em qualquer atividade humana em que se faça necessário relacionar informações espaciais com um conjunto de dados, incluindo as atividades relacionadas ao saneamento, apresentando-se como uma ferramenta eficaz para auxiliar a tomada de decisão e o planejamento.

A Caesb, desde 2013, utiliza-se da informação geográfica para cumprir com maior qualidade sua missão de contribuir para a saúde pública, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico, oferecendo soluções e gestão em saneamento ambiental (Caesb, 2015). Por meio do Geoprocessamento, a Companhia está de forma contínua conseguindo integrar informações de diferentes setores (produção, manutenção, comercial, atividades de

apoio), que por meio da inteligência geográfica, facilitam a execução das atividades rotineiras e subsidiam o planejamento e a tomada de decisão nos diferentes níveis: estratégico, tático e operacional.

### **3.10 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL**

O abastecimento de água no DF, operado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb, é dividido em cinco grandes áreas: Descoberto, Torto-Santa Maria, Sobradinho-Planaltina, São Sebastião e Brazlândia. Apesar existir essa divisão de sistemas, os mesmos são interligados, exceto Brazlândia, permitindo que um sistema contribua para o abastecimento de outro. A Caesb também abastece pequenos sistemas rurais isolados.

O sistema Descoberto, maior sistema produtor, abastece aproximadamente 50,2% da população do DF, sendo responsável por aproximadamente 56% do total de água produzida pela Caesb. Já o Sistema Integrado Torto/Santa Maria abastece aproximadamente 20% da população, sendo responsável por aproximadamente 27,6% do total de água distribuída. O terceiro maior sistema produtor, o Sistema Sobradinho/Planaltina, abastece aproximadamente 13% da população e representa aproximadamente 9,2% do total da água produzida. Já o Sistema São Sebastião representa aproximadamente 2,6% da vazão produzida, abastecendo cerca de 5% da população. Por fim, o sistema isolado de Brazlândia abastece cerca de 2,2% da população, e representa aproximadamente 1,5% do volume total de água produzida (CAESB, 2018). A Figura 3.7 mostra a representação do Sistema Produtor de água do DF.

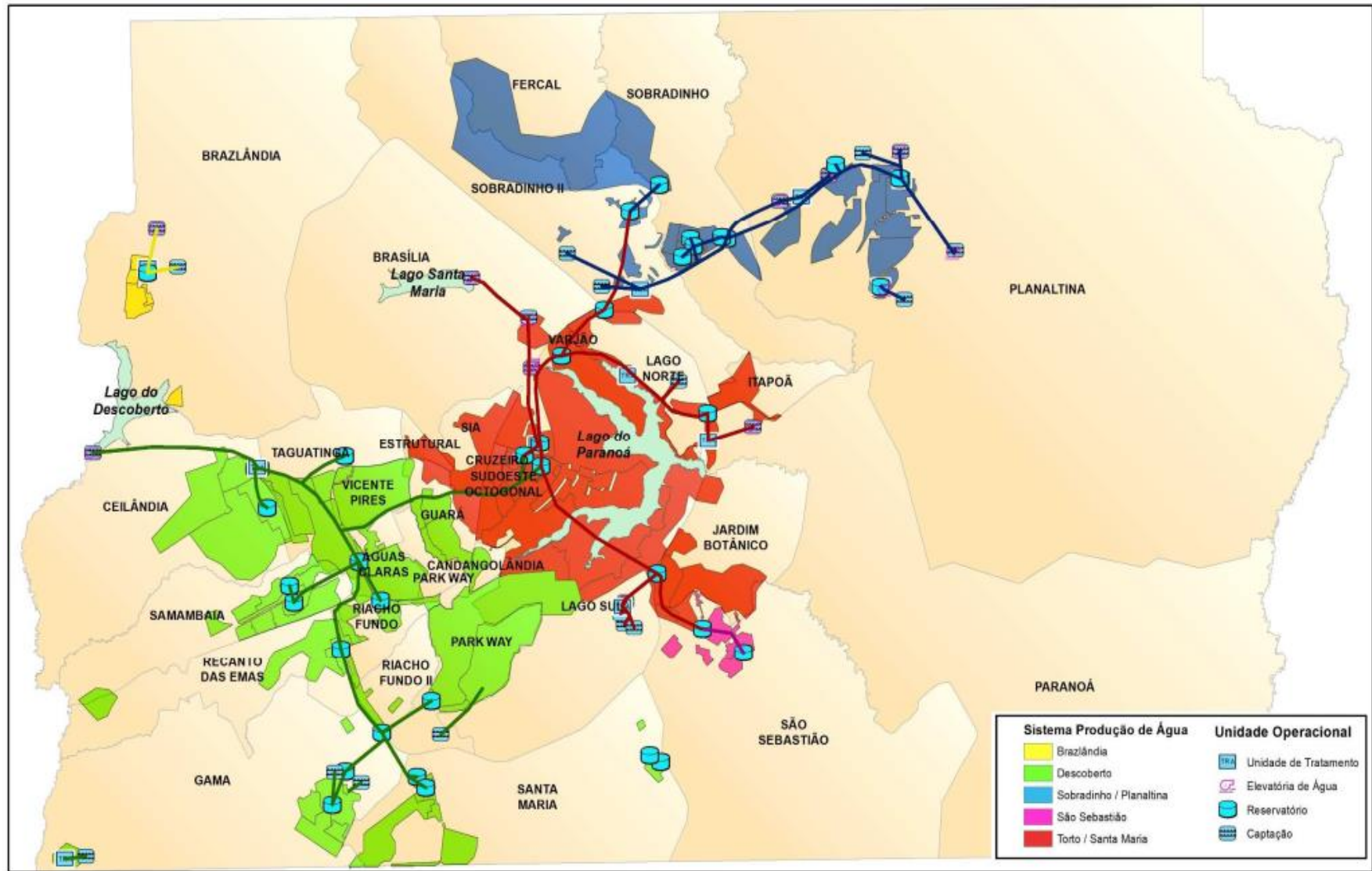


Figura 3.7 – Representação do sistema produtor de água do Distrito Federal (Caesb, 2019).

Recentemente o DF enfrentou a pior crise hídrica de sua história, em decorrência do período de seca intenso, com volume de chuvas inferior à média histórica; elevado consumo de água *per capita*; ocupação desordenada do solo, com conseqüente degradação das nascentes e aumento de ligações clandestinas à rede pública de água; além de baixos investimentos em expansão dos sistemas de abastecimento de água nos últimos anos (CAESB, 2016).

Diante de tal cenário, o governo do DF declarou Situação Crítica de Escassez Hídrica nos Reservatórios do Descoberto e de Santa Maria, responsáveis pela maior parcela de atendimento à população. Dessa maneira, as seguintes ações foram estabelecidas (CAESB, 2016):

- I) suspender a emissão de outorgas nas áreas de contribuição das bacias dos reservatórios;
- II) recomendar à população do DF que adote medidas de redução do consumo de água;
- III) autorizar a concessionária do serviço público de abastecimento de água e esgotamento sanitário a reduzir a pressão dinâmica nas redes de distribuição;
- IV) promover a alocação negociada de água nas bacias hidrográficas, de forma a reduzir o período de captação de água para irrigação e;
- V) adotar uma cobrança de contingência sobre o valor de água consumida que chega a até 40% para as áreas residenciais.

Ainda nesse contexto, algumas medidas emergenciais foram tomadas, as quais envolveram duas vertentes: a expansão do sistema produtor e a maior integração entre os sistemas. Nesse contexto, a Caesb inaugurou a ETA Lago Norte, em caráter emergencial, iniciou a captação no ribeirão Bananal, e avançou nas obras do sistema Corumbá IV, que deverá ser concluído em dezembro deste ano. É prevista também a implantação do Sistema Produtor Paranoá, cuja captação de água se daria pelo Lago Paranoá, entretanto, o andamento dos trabalhos estão parados sem previsão de continuidade. Superada a crise hídrica, as ações executadas permitiram um sistema pós-crise muito mais confiável do que o pré-crise.

É importante destacar que no Distrito Federal o maior consumo de água é para o uso urbano, cerca de 80% (Adasa, 2012), diferentemente do que ocorre no restante do país, em que a média nacional corresponde à cerca de 67% da água consumida para irrigação e apenas 9% para uso

urbano (ANA, 2017). A Tabela 3.1 mostra as categorias de consumo de água para uso urbano no Distrito Federal, para o período de 2013 a 2017, bem como o percentual de contribuição de cada uma delas para o total consumido nos anos de 2016 e 2017 (Brandão; Paviani, 2018).

Tabela 3.1 – Consumo de água por categoria para o período de 2013 a 2017 (Adasa, 2017).

DF e Categorias (1000m <sup>3</sup> )	2013	2014	2015	2016	2017	% em 2016	% em 2017
Total	167.590	167.055	159.434	161.343	145.940	100%	100%
Industrial	915	790	776	765	485	0,50%	0,30%
Comercial	18219	18125	16802	16572	14.722	10,30%	10,10%
Público	12168	11783	11183	11043	9.702	6,80%	6,60%
Residencial	136288	136357	130673	132963	121.032	82,40%	82,90%

Como pode ser observado, o consumo residencial foi responsável por mais de 80% do total consumido. Com relação ao consumo de água *per capita*, percebe-se que o histórico de consumo do DF o coloca como um dos maiores em todo o Brasil, como pode ser observado na Tabela 3.2. Entretanto, analisando-se a evolução desse índice, é possível observar uma tendência de diminuição nos últimos anos, conforme pode ser observado na Figura 3.8, resultado de campanhas para o uso racional da água e da progressividade da estrutura tarifária (CAESB 2015). Outro fator que pode estar associado a essa tendência de diminuição do índice *per capita* é o período de crise econômica vivenciado de maneira geral no Brasil.

Tabela 3.2 – Consumo *per capita* dos estados brasileiros (SNIS, 2015).

Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)	Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)	Estado (ordem decrescente)	Consumo Per Capita (l/hab/dia)
1- Rio de Janeiro	254,58	10- São Paulo	159,17	19- Tocantins	130,48
2- Rondônia	179,11	11- Mato Grosso do Sul	155,99	20- Ceará	130,23
3- Espírito Santo	178,58	<b>12- Distrito Federal</b>	<b>153,7</b>	21- Maranhão	125,12
4- Amazonas	171,84	13- Santa Catarina	148,84	22- Sergipe	118,76
5- Acre	169,11	14- Minas Gerais	148,83	23- Bahia	116,98
6- Mato Grosso	163,46	15- Pará	141,6	24- Rio Grande do Norte	116,26
7- Roraima	163,15	16- Paraná	138,39	25- Paraíba	110,4
8- Amapá	163	17- Goiás	136,33	26- Pernambuco	100,73
9- Rio Grande do Sul	159,57	18- Piauí	135,43	27- Alagoas	98,59



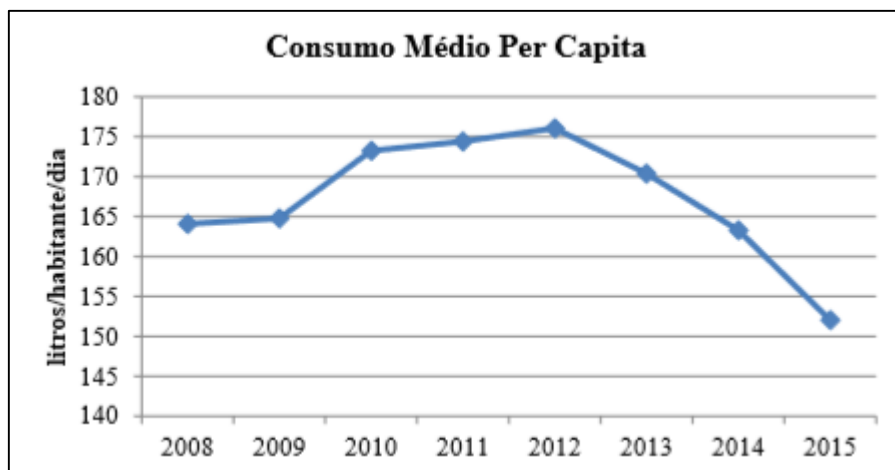


Figura 3.8 – Consumo *per capita* do DF para o período entre 2008 e 2015 (Caesb, 2015).

Sabe-se que o DF apresenta grande desigualdade econômica e social ao longo de seu território, e com relação ao consumo residencial de água não é diferente, conforme pode ser visto na Figura 3.9. Essas diferenças no consumo entre as RAs podem ter explicações diversas: a principal delas está relacionada à renda em cada uma dessas regiões. Outras hipóteses possíveis são o valor cobrado da tarifa, tipologia residencial, falta de conscientização no consumo, entre outros (CODEPLAN, 2018).

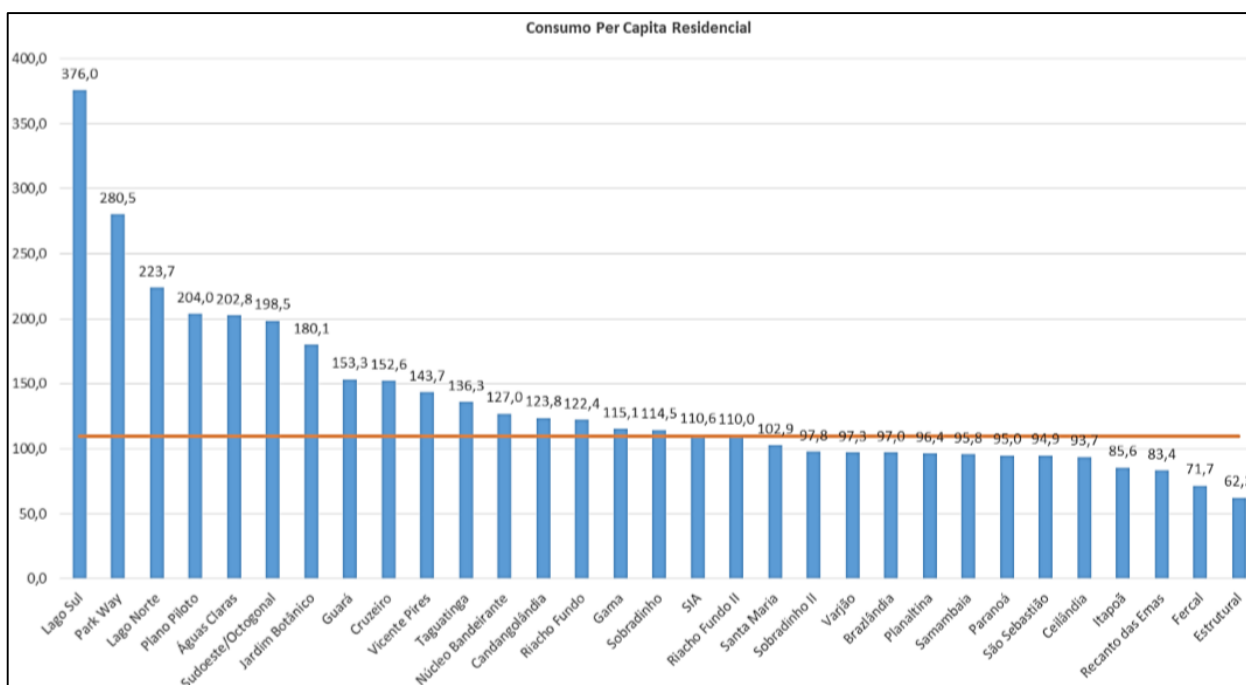


Figura 3.9 – Consumo residencial *per capita* (l/hab./dia) das RAs em 2016 (Adasa, 2018).

Outro ponto importante a ser observado é o valor mínimo de referência igual a 110 l/hab./dia estabelecido pela OMS (linha laranja na Figura 3.9). É possível perceber que algumas regiões

administrativas no ano de 2016 estavam abaixo desse nível de referência, sendo essas caracterizadas por possuírem uma renda mais baixa se comparada as demais. Em contrapartida, observa-se que regiões com uma elevada renda possuem um consumo maior, demonstrando de forma prévia a tendência geral de aumento no consumo conforme elevação da renda.

Uma última informação relevante é a de que no DF, para a medição de vazão por parte dos hidrômetros, é adotada a prática de faixas de consumo: os usuários mesmo que consumam um valor inferior àquele fixado para a primeira faixa são obrigados a pagar o mínimo referente ao consumo desse valor pré-fixado. Essa prática em nada incentiva o consumidor à redução do seu consumo de água uma vez que todo mês o mesmo possui uma “cota mínima” independente do quanto consumir (Dower, 2018).

Além disso o custo pesa mais quanto menor a renda familiar média, conforme aponta Héller e Pádua (2006). Dessa maneira, políticas de aumento de preço – na estrutura tarifária de blocos – em geral resultam em forte inelasticidade para consumidores de baixa renda, uma vez que não reduzem os usos básicos e indispensáveis.

## **4 METODOLOGIA**

Nesta seção serão discutidos os procedimentos e critérios adotados para definição da área pesquisada, com respectiva análise do sistema de abastecimento da região, para que seja possível determinar os parâmetros hidráulicos da rede, assim como as etapas de cálculo que serão realizadas para a análise do consumo hídrico no período proposto.

### **4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA PESQUISADA**

#### **4.1.1 Seleção de RA e zona**

Conforme já mencionado, na configuração do sistema de abastecimento de água do DF ocorre uma divisão entre cinco sistemas. Entretanto, atualmente todos os sistemas se encontram interligados, fato que permite com que um sistema contribua para o abastecimento do outro caso seja necessário. A exceção ocorre no sistema Brazlândia. Assim, é importante considerar a capacidade dos sistemas como um todo. Dessa forma, o abastecimento que ocorre na região de Brazlândia merece um maior cuidado se comparado com os demais sistemas, tendo em vista possuir um abastecimento isolado, onde não há um reforço de fornecimento de água para a área. Por esse fato, essa é a região do DF mais sensível ao desabastecimento, sendo frequentemente afetada por interrupções do fornecimento de água (Caesb, 2014). Tendo em vista a motivação descrita, definiu-se o Sistema Brazlândia (e conseqüentemente a região administrativa de mesmo nome), como objeto de análise desse trabalho.

De acordo com dados da PDAD 2018, Brazlândia possui uma renda domiciliar estimada de R\$ 3.326,60, que resulta em um valor médio por pessoa de R\$ 1.120,60. Ainda de acordo com a pesquisa, estima-se que existam 15.684 unidades residenciais ocupadas, com uma média de 3,4 moradores por domicílio. No que diz respeito ao padrão urbanístico da região, observa-se certa homogeneidade, com 96,7% dos domicílios constituídos por casas.

De acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT 2012, o processo de ocupação territorial da Região Administrativa de Brazlândia foi dividido em três zonas: zona urbana, zona rural e uma zona de proteção integral, conforme pode ser visto na Figura 4.1.

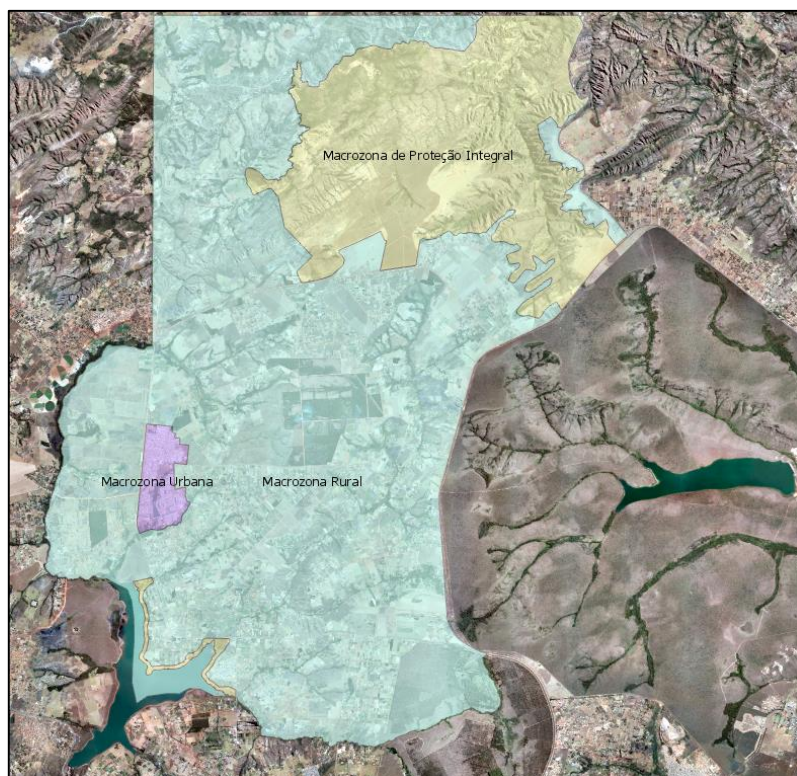


Figura 4.1 – Ocupação territorial por zonas em Brazlândia.

Tendo em vista a ocupação territorial por zonas em Brazlândia, foi escolhido o núcleo urbano para determinação dos parâmetros da rede de água e análise do consumo pretendida para o período proposto. Sendo assim, tem-se que o núcleo urbano de Brazlândia, ainda de acordo com a classificação feita pelo PDOT, é classificada como uma zona urbana de Uso Controlado II. Segundo essa classificação, a região reúne áreas de significativa sensibilidade ambiental, que exigem ocupação e uso urbano disciplinado, no sentido de proteger os atributos naturais.

Visando caracterizar a dinâmica da ocupação urbana ocorrida na região, dados da Codeplan (2018) apontam que a mesma se deu inicialmente ao longo do Córrego Veredinha, próximo ao lago existente na região, consolidando o chamado Setor Tradicional. Em seguida, surgiram os Setores Norte e Sul, na margem oposta em relação ao córrego. Mais ao norte, iniciou-se a ocupação das quadras 35, 36, 37 e 38, originando a chamada Vila São José. Por último, foi criado o Bairro Veredas, consolidando a ocupação urbana no entorno do Parque Ecológico Veredinha. A Figura 4.2 apresenta a setorização e ocupação existente no núcleo urbano de Brazlândia, enquanto a Figura 4.3 apresenta aerofotogrametrias realizadas em diferentes anos para a região, a fim de auxiliar na compreensão do processo de evolução urbana da região.

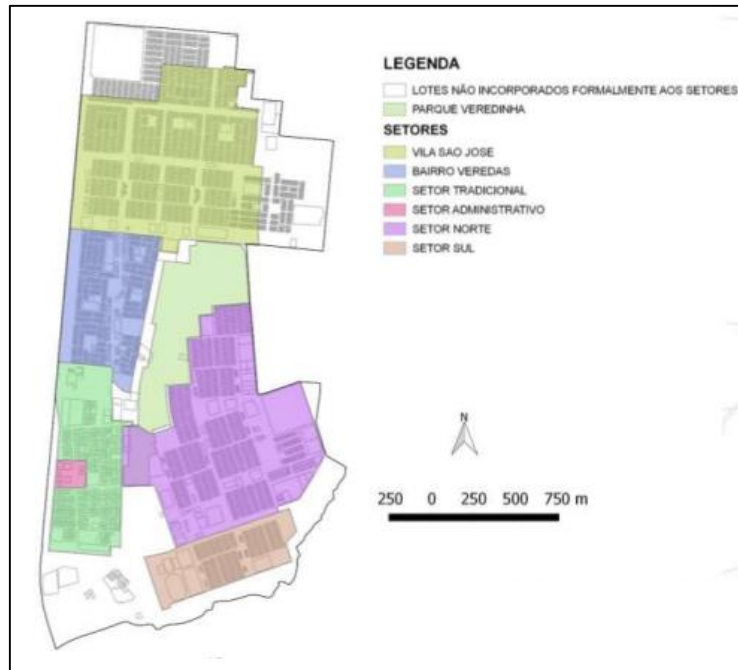


Figura 4.2 – Setorização e ocupação da zona urbana de Brazlândia (CODEPLAN, 2018).

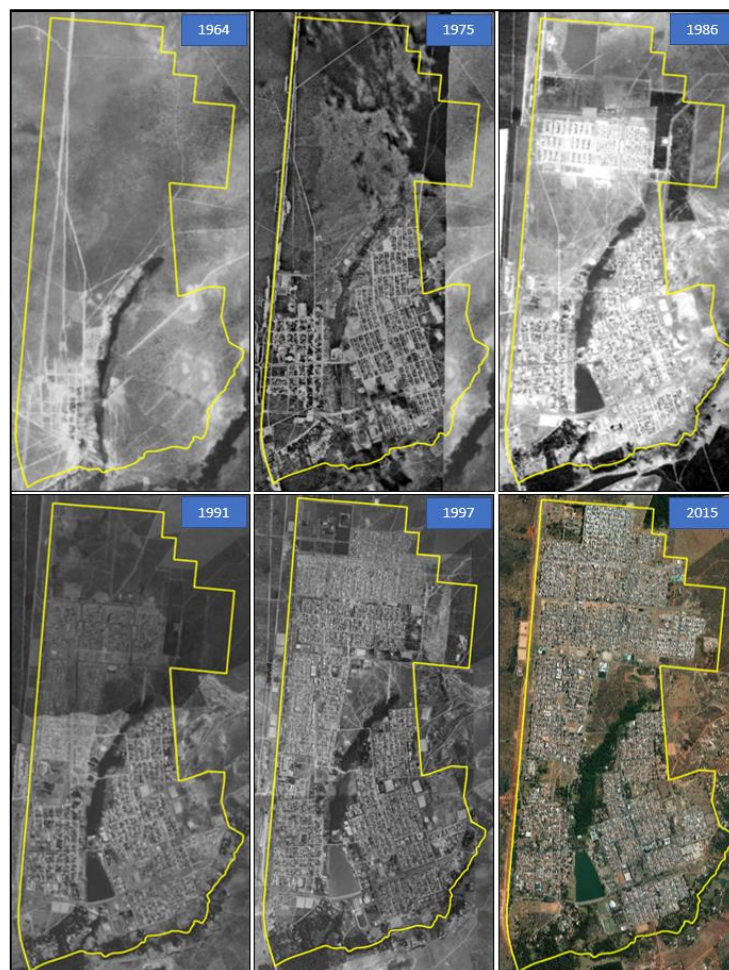


Figura 4.3 – Aerofotogrametrias realizadas na região em diferentes anos (SEDUH, 2019 - adaptado).

#### 4.1.2 Delimitação de Unidades de Distribuição de Água (UDA's)

Atualmente, o Sistema Brazlândia compreende dois subsistemas independentes de abastecimento: um de captações superficiais e um de poços profundos, com uma vazão média total de aproximadamente 89,7 l/s (Caesb, 2018), conforme visto na Tabela 4.1. Esse sistema abastece cerca de 2,2% da população atendida no Distrito Federal, representando 1,5% do volume total de água produzida pela Caesb.

Tabela 4.1 – Unidades do Sistema Brazlândia (Caesb, 2018).

UNIDADES OPERACIONAIS	PRODUÇÃO	CAPTAÇÕES	LOCALIDADES ATENDIDAS
02 Captações 01 Elevatória de Água Bruta 01 Estação de tratamento de Água 01 Elevatória p/ Reservatório 01 Elevatória Booster - EBO	89,7 l/s	Barrocão e Capão da Onça	Brazlândia
03 Reservatórios 02 Elevados - REL 01 Apoiado - RAP 03 Poços - EPO		Poços	Incra 8

A representação do sistema de abastecimento de água da zona urbana de Brazlândia pode ser observada na Figura 4.4, elaborada com auxílio de informações georreferenciadas por meio do software ArcGis Pro, que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Já as unidades operacionais são melhores observadas na Figura 4.5. Detalhando o abastecimento de água na região, para entender onde ocorrem os pontos de macromedição e analisar a distribuição de água da mesma, observa-se que o Sistema de Brazlândia é subdividido basicamente em três Unidades de Distribuição de Água (UDA's), de acordo com informações da Caesb.

O reservatório apoiado abastece diretamente duas UDA's (uma por gravidade, e outra por meio de um booster), e bombeia água para um reservatório elevado, de onde parte o abastecimento para a UDA restante do sistema. Para cada saída de distribuição existe um macromedidor, capaz de aferir o comportamento da vazão ao longo do tempo. A representação das UDA's, assim como o fluxograma de distribuição de água para os setores da zona urbana de Brazlândia podem ser observados na Figura 4.6.





Figura 4.4 – Representação do SAA urbano de Brasília (Caesb, 2019).



Figura 4.5 – Representação das unidades operacionais do Sistema urbano de Brasília.

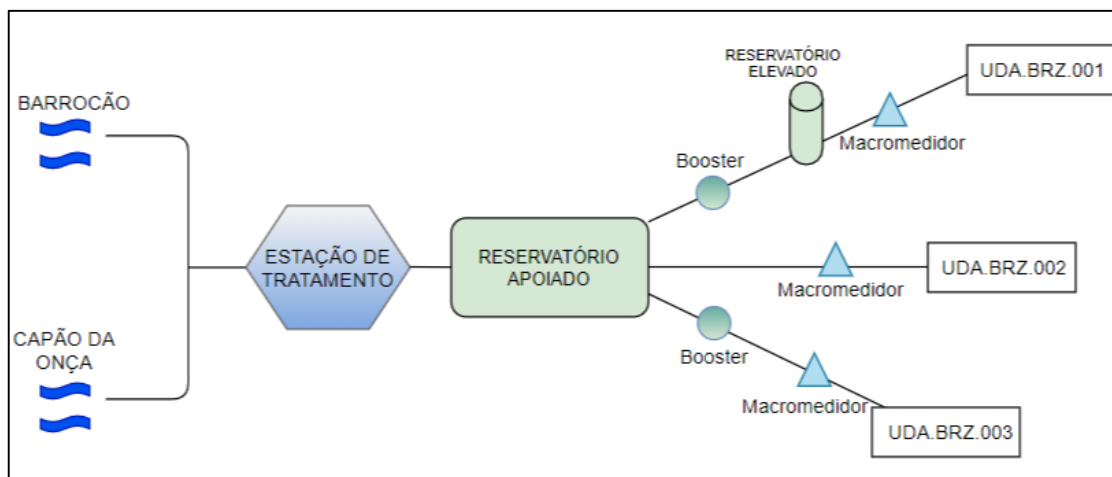


Figura 4.6 – Fluxograma do sistema de distribuição de água na zona urbana de Brazlândia (Caesb, 2019 – adaptado).

Cabe ressaltar que as informações para o sistema de distribuição de água de Brazlândia, apresentadas acima, foram ratificadas junto à equipe técnica de operação dos sistemas da empresa. Dessa forma, delimitou-se como área de estudo separadamente as diferentes unidades de distribuição de água, e de forma conjunta a zona urbana de Brazlândia como um todo.

#### 4.1.3 Aspecto temporal das informações

Como visto, a combinação de chuvas abaixo da média histórica para o DF, associada às altas temperaturas, ocupação desordenada no solo, captações clandestinas, aumento da população, assim como ausência de obras estruturantes, influenciaram na recente crise hídrica vivenciada pela população do DF. Embora as regiões analisadas não tenham sofrido com o período de racionamento, acredita-se que o padrão de consumo do sistema possa ter sido influenciado por esse período, tendo em vista a maior conscientização da população do DF como um todo em relação ao uso da água.

Dessa forma, propõe-se trabalhar com uma série temporal que possa abranger tanto o período anterior, durante, e posterior à crise hídrica, visando observar possíveis alterações no padrão de consumo da região, assim como seguir recomendações de norma para determinação dos parâmetros hidráulicos da rede. Da mesma maneira, buscou-se levar em conta um período que estivesse próximos às informações censitárias que serão utilizadas.



Sendo assim, diante das considerações feitas, propõe-se analisar o período que compreende os dias 1º de junho de 2014 à 1º de junho de 2019 (5 anos). O extenso período visa também seguir recomendações da NBR 12.211, e garantir um aumento na confiabilidade das informações que serão analisadas, visando amenizar discrepâncias e possíveis ausências de dados em certos períodos.

## **4.2 ETAPAS DE CÁLCULO**

### **4.2.1 Obtenção dos dados censitários**

Para realização das análises de consumo, assim como para observação da evolução dos indicadores socioeconômicos da região ao longo do tempo, é necessário obter informações censitárias da área. Dessa maneira, neste trabalho serão utilizadas como base as informações contidas nas Pesquisas Distritais por Amostra de Domicílios, divulgadas pela CODEPLAN, assim como a malha georreferenciada com informações relativas ao Censo de 2010, elaborada pelo IBGE.

Dessa maneira, serão feitas correlações e estimativas censitárias para os diferentes setores, de modo que essas informações possam ser atualizadas para os respectivos anos do estudo, sendo essas informações posteriormente georreferenciadas para auxílio na determinação de alguns parâmetros da rede. Também serão utilizadas informações publicadas pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) com relação à situação urbanística da região e a aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Dessa maneira, a atualização e estimativa dos dados censitários para cada ano do período analisado, assim como o georreferenciamento dessas informações visa dar maior confiabilidade e coerência nas determinações dos parâmetros e análises que serão realizadas.

### **4.2.2 Obtenção dos dados da rede**

A Caesb possui uma Gerência de Controle Operacional que monitora as medições realizadas nas saídas das unidades de distribuição de água da zona urbana de Brazlândia, conforme visto na Figura 4.6. Da mesma maneira, a empresa possui um Sistema de Gestão Comercial com

informações relativas ao cadastro de clientes, e a respeito dos volumes micromedidos dos mesmos.

Dessa maneira, para realização do estudo foi feito um pedido oficial junto à Companhia, solicitando os dados de macromedição e micromedição para o período proposto, assim como informações georreferenciadas relativas às ligações existentes na rede, para que fossem feitas correlações com parâmetros censitários, de forma à auxiliar nas análises de consumo. As informações foram disponibilizadas por meio de planilhas eletrônicas, conforme contato já realizado junto à Gerência de Controle Operacional da empresa.

### 4.2.3 Tratamento dos Dados

A planilha eletrônica é uma maneira de monitorar a variação do consumo de água e volumes micromedidos ao longo do período proposto. Pela planilha foi possível identificar ausência de dados, assim como dados discrepantes quando comparados à série histórica. Considerando a longa série de dados, é razoável supor que certas inconsistências ocorrerão durante o processo. Dessa forma, visando tratar esses dados inconsistentes e/ou discrepantes, foi seguida a metodologia descrita por Shayib (1990), para o tratamento dessas informações.

A metodologia se baseia na repartição de quartis, e consiste em calcular a mediana e a variância de uma amostra, e por meio da distribuição da mesma, calcular o primeiro quartil (Q1), que é o número que deixa 25% das observações abaixo e 75 % acima. Calcula-se também o terceiro quartil (Q3), que deixa 75% das observações abaixo e 25% acima, e por fim determina-se o limite inferior e o limite superior (Equação 4.1 e Equação 4.2, respectivamente). Esses limites servem para identificar a existência de *outliers*, os quais são pontos que tiveram valores acima do limite superior ou abaixo do limite inferior, e que devem ser desprezados da amostra.

$$\text{limite inferior} = Q1 - 1,5 \times IIQ \quad (4.1)$$

$$\text{limite superior} = Q3 + 1,5 \times IIQ \quad (4.2)$$

Em que:

*IIQ*: representa o intervalo interquartil (Q3 – Q1);

Dessa maneira, com um tratamento inicial dos dados, acredita-se que as análises e determinação dos parâmetros pudessem apresentar melhor consistência nos resultados. Assim, a metodologia para tratamento dos dados elucidada foi aplicada para os dados de macromedição, assim como para os de micromedição e análise do crescimento populacional, avaliando o efeito do crescimento do mesmo.

#### **4.2.4 Determinação dos parâmetros hidráulicos e análise do consumo**

Com a obtenção das informações censitárias e da rede de água, assim como com os devidos tratamentos dessas informações, propôs-se o cálculo de parâmetros da rede, segundo as recomendações da NBR 12211, que trata do estudo de concepção dos sistemas públicos de abastecimento de água. As etapas de cálculo foram feitas para cada UDA descrita no sistema, assim como para a zona urbana de Brazlândia como um todo, visando avaliar as possíveis influências dos diferentes setores nos resultados obtidos.

Com as informações dos volumes macromedidos foram obtidas as curvas de vazão de saída dos reservatórios. Com isso, determinaram-se os coeficientes de variação do consumo (K1 e K2), conforme recomenda a NBR 12.211. Diante também dos volumes micromedidos, foi estimado o índice de perdas no sistema, os coeficientes *per capita*, além de realizar análises e comparações com relação ao comportamento do consumo e correlações desse com fatores socioeconômicos ao longo do período proposto.

Avaliou-se também o comportamento do consumo de água com relação aos seus diferentes tipos de uso (comercial, residencial, industrial, público), e se durante o período da crise hídrica houve certa influência no comportamento e padrão de consumo da região.

Na Figura 4.7, é apresentado o fluxograma desenvolvido para representar a metodologia proposta.

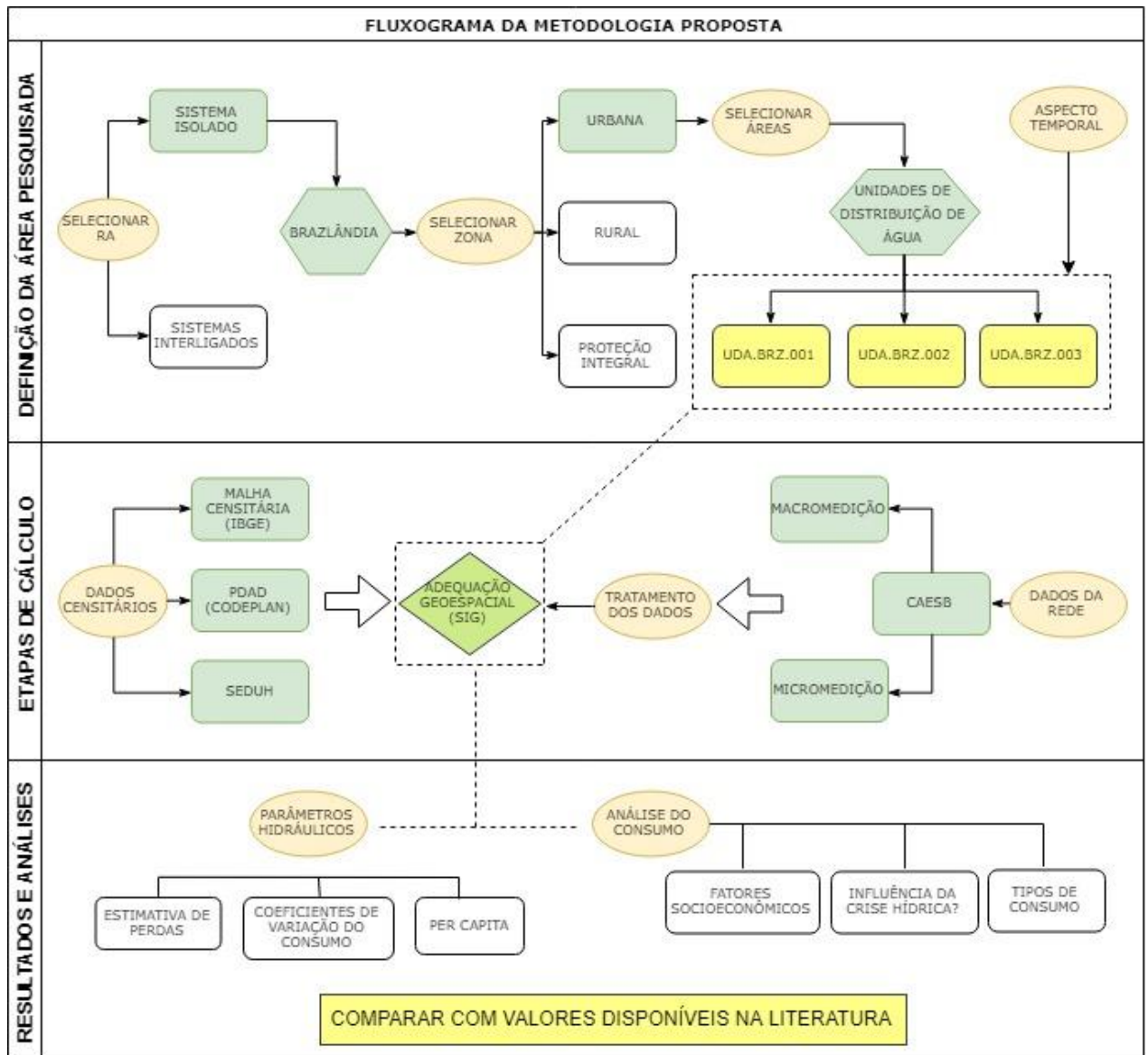


Figura 4.7 – Fluxograma da metodologia proposta.

## **5 RESULTADOS OBTIDOS E PARÂMETROS CALCULADOS**

### **5.1 ESOCOPO DOS RESULTADO**

As informações e considerações que embasaram este estudo, aqui empreendidas, desenvolvidas essencialmente com a coleta e tratamento de dados e por meio de referências bibliográficas, almejam estabelecer as orientações básicas para uma metodologia de coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados, onde identificam-se os principais parâmetros intervenientes na demanda por água para os usos múltiplos estipulados pelas diretrizes nacionais e distritais.

Apesar deste trabalho se basear em dados relativos à zona urbana de Brazlândia, a metodologia a ser empregada para coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados, poderá ser utilizada como um modelo para outras áreas que possuam sistemas de abastecimento de água, desde que as premissas sejam adequadas quanto à realidade social, distribuição espacial, e, principalmente, presunção de confiabilidade no modelo de coleta das informações.

No contexto dos objetivos dos relatórios anuais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2015, p. 2), consta o conhecimento e avaliação do setor de saneamento com vistas ao aperfeiçoamento da gestão e orientação da aplicação de recursos como metas nacionais. Só é possível alcançá-las, no entanto, com a correta avaliação dos parâmetros que interferem na demanda por água.

Dessa forma, o objetivo principal dessa seção é a demonstração de como os dados foram coletados, as premissas estabelecidas para a produção de informações, de forma que possam ser utilizadas para posterior análise e interpretações. Para isso os parâmetros principais serão fatores que resumem dados censitários e parâmetros relacionados à distribuição de água no sistema.

### **5.2 CÁLCULO ENVOLVENDO PARÂMETROS CENSITÁRIOS**

O processo de preparo das informações censitárias foi realizado seguindo procedimentos padrões de agregação geoespacial dos dados, tendo sido realizados procedimentos algébricos para cômputo dos parâmetros ponderados para cada setor censitário abrangido na região de estudo. O parâmetro utilizado para realização das análises foi a população dos respectivos anos

analisados, para cada unidade de distribuição de água, e conseqüentemente para a zona de Brazlândia analisada neste estudo.

As informações utilizadas para compor o perfil populacional das regiões analisadas foram obtidas de duas fontes principais: a sinopse por setores censitários realizada pelo IBGE (2010), e dados anuais apresentados nas Pesquisas Distritais de Amostra por Domicílios, realizadas pela CODEPLAN. O processo, apesar de ter sido otimizado para as fontes de dados dos respectivos órgãos que as forneceram, é replicável para quaisquer dados que sejam fornecidos nos mesmos formatos, desde que seja feito uma compatibilização das informações, como descrito a seguir.

Dessa forma, tendo como base os arquivos shapefile, em sistema de coordenadas projetadas em SIRGAS 2000 UTM Zone 23 S, das regiões administrativas do DF e da base censitária realizada pelo IBGE em 2010, foram selecionados e exportados, por meio de ferramentas de geoprocessamento, para compor a base censitária inicial deste estudo (shapefile BASE-CENSITÁRIA-CENSO2010-BRAZLÂNDIA), apenas os setores censitários abrangidos na Região Administrativa de Brazlândia. Para cada setor censitário, é possível observar as respectivas populações residentes no ano de 2010. Visando a melhor estimativa populacional para a área de estudo, e tendo em vista que os censos em caráter nacional são realizados a cada 10 anos, recorreu-se às informações populacionais divulgadas nas pesquisas distritais realizadas pela CODEPLAN.

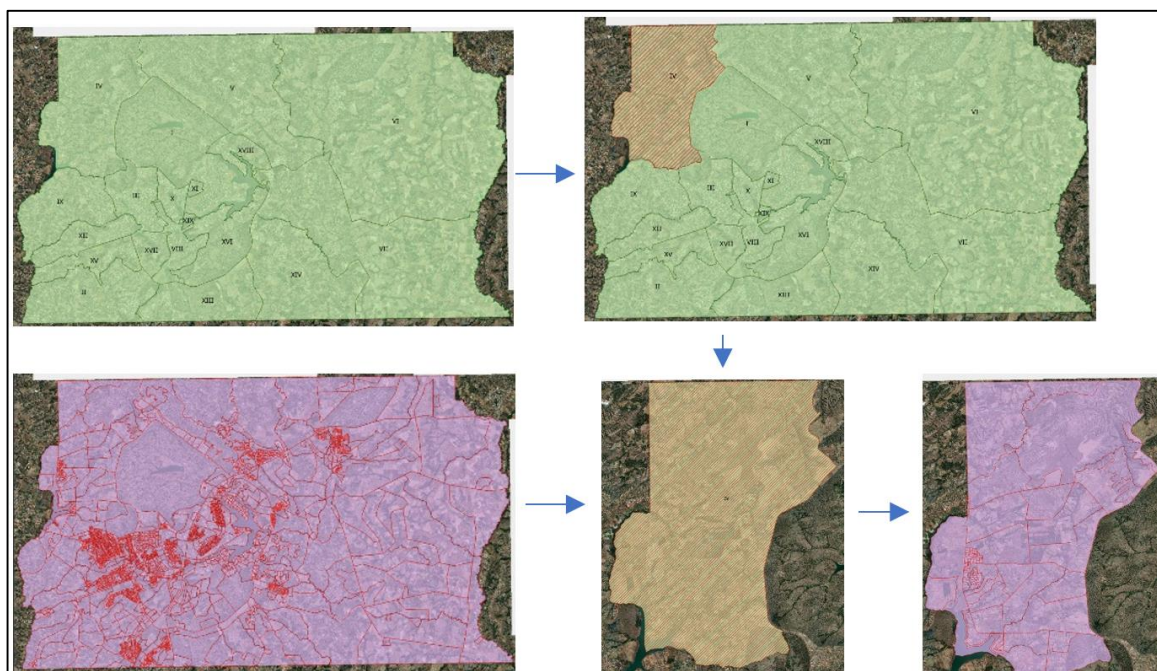


Figura 5.1 – Setores censitários de Brazlândia.

Os dados das pesquisas distritais disponíveis com relação à população encontravam-se disponibilizados de forma bruta, e buscando discretizar essas informações à base censitária anteriormente mencionada, observou-se que a amostra utilizada para compor essas pesquisas distritais se restringia à apenas alguns setores censitários da região administrativa. Sendo assim, a partir do shapefile BASE-CENSITÁRIA-CENSO2010-BRAZLÂNDIA foi criado o shapefile BASE-CENSITÁRIA-AMOSTRA-PDAD, e por meio de procedimentos algébricos foi possível discretizar de forma ponderada as informações brutas contidas nas pesquisas distritais para os setores censitários.

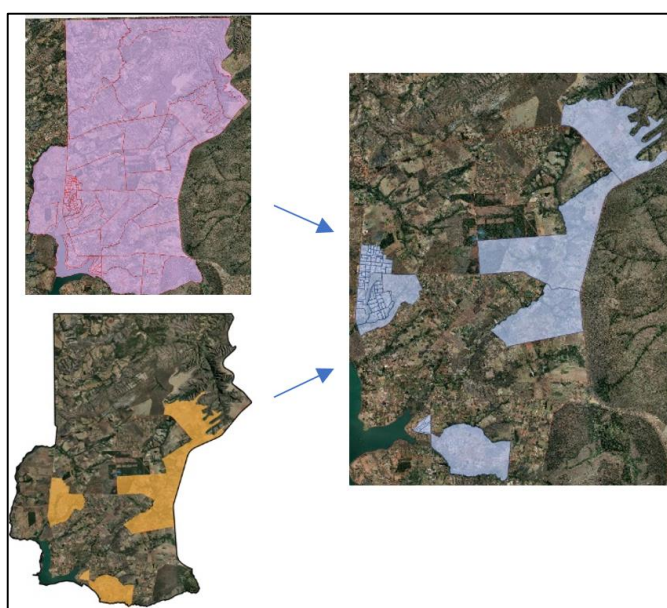


Figura 5.2 – Setores censitários baseados na amostra da PDAD.

Algumas considerações e premissas adicionais realizadas para discretização das informações precisam ser mencionadas. Não foram obtidas informações populacionais relativas a todos os anos, dessa forma, com as informações coletadas por meio do censo de 2010 e das informações coletadas por meio das pesquisas distritais para os anos de 2011, 2013, 2015 e 2018, e partindo da premissa de que não houve uma acentuada mudança na ocupação urbanística da região (por meio da análise de imagens levantadas por aerofotogrametrias), para os demais anos dessa sequência (2012, 2014, 2016, 2017 e 2019), considerou-se que a população seguiria uma tendência de acordo com os dados já conhecidos.

Assim, as considerações adicionais e premissas adotadas para utilização dos dados brutos de população, para posterior discretização nas áreas e setores censitários de interesse, podem ser resumidas e visualizadas na Tabela 5.1.



Tabela 5.1 – Fonte dos dados populacionais utilizados para discretização.

Ano	População (hab.)	Fonte
2010	48.934	Setores censitários IBGE 2010
2011	49.418	PDAD 2011
2012	50.143	Fórmula de tendência (Excel)
2013	50.728	PDAD 2013
2014	51.339	Fórmula de tendência (Excel)
2015	52.287	PDAD 2015
2016	52.536	Fórmula de tendência (Excel)
2017	53.134	Fórmula de tendência (Excel)
2018	53.534	PDAD 2018
2019	54.330	Fórmula de tendência (Excel)

Após a ponderação e discretização dessas informações no shapefile BASE-CENSITÁRIA-AMOSTRA-PDAD, foram selecionados apenas os setores censitários de interesse para este estudo, criando dessa forma o shapefile BASE-AREA-ESTUDO, de forma que as informações populacionais das respectivas unidades de distribuição de água e consequentemente da zona urbana de Brazlândia pudessem ser determinadas para os anos de interesse.

Aqui vale ressaltar outra consideração adotada. As unidades de distribuição de água foram delimitadas de acordo com os limites dos setores censitários, para melhor discretização das informações nas respectivas unidades. Além disso, um setor censitário classificado como zona rural, localizado ao lado da zona urbana, foi incluído na área de estudo (zona urbana de Brazlândia), tendo em vista que algumas informações georreferenciadas relacionadas ao sistema de abastecimento de água (como será visto posteriormente), estavam incluídas nessa região.

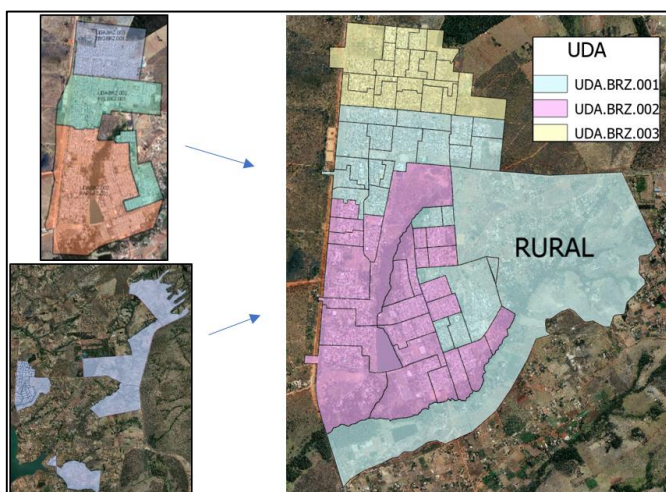


Figura 5.3 – Setores censitários e UDA's da área de estudo.



A Figura 5.4 sintetiza o procedimento descrito acima, adotado para o cálculo das populações residentes na área de estudo. No fluxograma são representadas as bases utilizadas e as operações utilizadas no âmbito do software ESRI ArcGIS Pro.

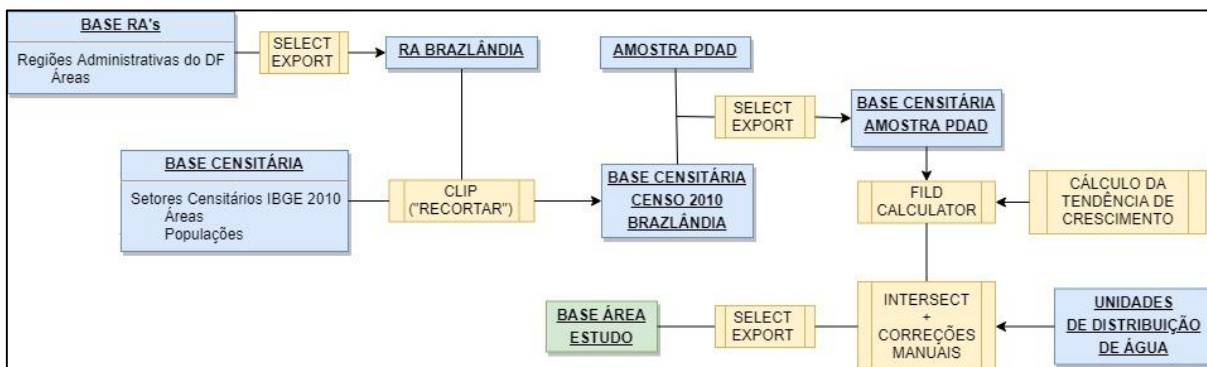


Figura 5.4 –Preparo das informações para cálculo dos parâmetros censitários.

Na Tabela 5.2, são apresentados os resultados obtidos para as regiões estudadas.

Tabela 5.2 – Fonte dos dados populacionais utilizados para discretização.

Ano	População (hab.)			
	UDA.BRZ.001	UDA.BRZ.002	UDA.BRZ.003	Zona Urbana
2014	17.075	15.579	12.501	45.155
2015	17.388	15.867	12.733	45.988
2016	17.473	15.945	12.793	46.211
2017	17.670	16.125	12.940	46.735
2018	17.804	16.248	13.036	47.088
2019	18.067	16.487	13.231	47.785

## 5.3 CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA REDE

### 5.3.1 Procedimento geral de cálculo

Dentre os principais parâmetros utilizados para definição das características de consumo de uma região, juntamente com sua curva, estão os coeficientes de variação de vazão K1 e K2 e o consumo *per capita*. Esses parâmetros são formas quantitativas de definição dos padrões de consumo e o seu procedimento de cálculo foi feito seguindo com certa flexibilidade o exposto na bibliografia.

O processo de preparo das informações relativas ao sistema de abastecimento de água da zona urbana de Brazlândia foi realizado de maneira semelhante ao processo das informações

censitárias, ou seja, se deu por meio de procedimentos padrão de agregação geoespacial dos dados, tendo sido realizados procedimentos algébricos para cômputo dos parâmetros de interesse no estudo.

Sendo assim, as informações utilizadas para compor as informações necessárias para posterior análise foram obtidas de três fontes principais: dados relacionados à macromedição disponibilizados pela gerência de controle operacional em forma de planilhas eletrônicas, dados de micromedição e características dos clientes por ligação disponibilizados pela gerência comercial, e dados geoespacializados referentes às ligações de água disponibilizados pela gerência de cadastro técnico, todas elas da Caesb.

Dessa forma, tendo como base os arquivos shapefile, também em sistema de coordenadas projetadas em SIRGAS 2000 UTM Zone 23 S, das ligações de água existentes no DF, e da BASE-AREA-ESTUDO, foram selecionadas, por meio de ferramentas de geoprocessamento, apenas as ligações contidas na área de estudo, adequando-as para o interior dessas regiões quando necessárias, criando dessa forma o shapefile LIGAÇÕES-AREA-ESTUDO.

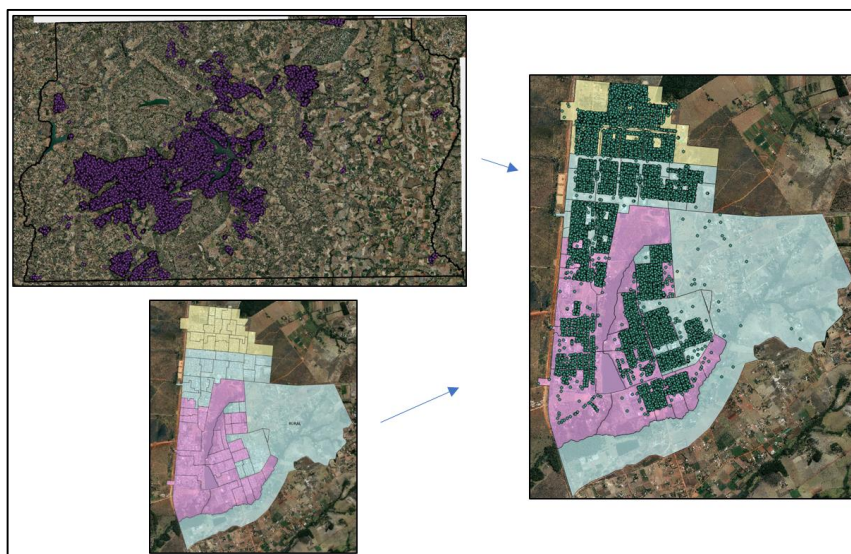


Figura 5.5 – Ligações presentes na área de estudo.

Em seguida, as informações obtidas por meio da gerência comercial, relativas ao cadastro de clientes, foram compatibilizadas com os dados geoespacializados do shapefile LIGAÇÕES-AREA-ESTUDO, por meio de ferramentas de geoprocessamento. Da mesma maneira, essas informações foram relacionadas com o shapefile BASE-AREA-ESTUDO, sendo realizada em seguida a integração de todas essas informações reunidas com o histórico de consumo das

LIGAÇÕES-AREA-ESTUDO, de forma que todas essas informações pudessem ser manipuladas em conjunto utilizando planilhas eletrônicas.

A Figura 5.6 sintetiza o fluxograma do procedimento descrito acima, adotado para coleta das informações necessárias para o cálculo e análise dos parâmetros da rede de interesse. No fluxograma são representadas as bases utilizadas e as operações utilizadas no âmbito do software ESRI ArcGIS Pro.

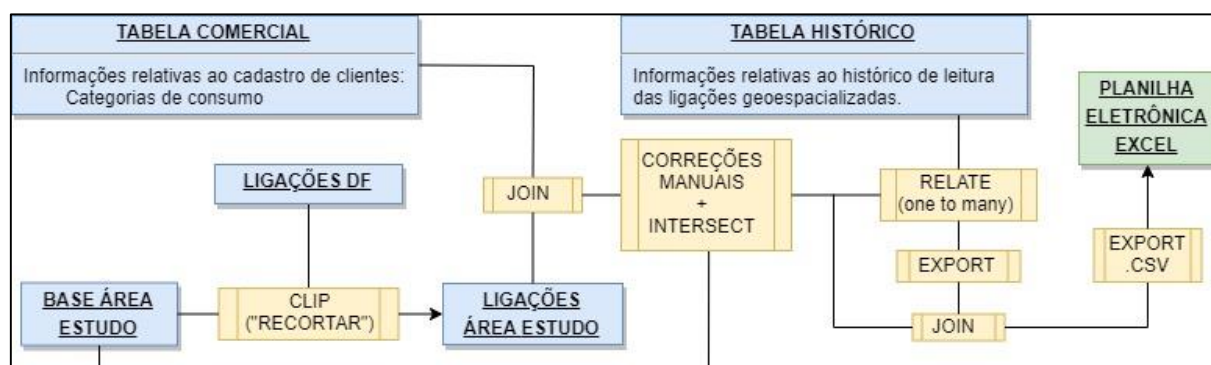


Figura 5.6 –Preparo das informações para o cálculo dos parâmetros da rede.

### 5.3.2 Cálculo de K1 e K2

Os coeficientes K1 e K2 representam de modo geral o formato e distribuição quantitativa das vazões de cada reservatório. O seu cálculo foi feito buscando seguir o procedimento recomendado pela NBR 12.211 (ABNT, 1992) apresentado no item 3.4. Entretanto, devido a algumas limitações relacionadas à qualidade dos dados fornecidos e insuficiência de algumas informações, o procedimento foi alterado com relação ao que determina a norma, como exposto a seguir.

As limitações relacionadas à qualidade dos dados fornecidos, dizem respeito às vazões macromedidas de entrada das unidades de distribuição de água. Os dados foram fornecidos em formato de planilhas eletrônicas, com precisões mensais e precisões horárias. As precisões mensais não precisaram ser tratadas, entretanto quando foram analisados os dados com precisão horária, muitas inconsistências foram observadas, entre as quais ausências de dados, congelamento dos mesmos por longos períodos.

Nesse sentido, não foram adotadas técnicas estatísticas para o preenchimento dos dados ausentes no período, sendo eliminados e excluídos dos cálculos e das análises feitos os dias com

ausências de dados e congelamento dos mesmos por longos períodos. Já para os dados fornecidos em caráter duvidoso (os que apresentavam caracteres “(?)”) foi realizado o tratamento exposto no item 4.2.3. Dessa forma, ao se contabilizar o número de dias utilizados para os cálculos, o somatório atingiu 1.767 dias, muito próximo do estabelecido por norma, de 5 anos (1.825 dias).

As limitações relacionadas à insuficiência de algumas informações para o cálculo dos parâmetros K1 e K2 dizem respeito ao não atendimento do critério estabelecido em norma, o qual aborda que para o cálculo desses parâmetros deve-se considerar sempre as mesmas ligações. Entretanto, com os dados disponibilizados e processados conforme procedimento apresentado na Figura 5.6, foi possível observar que ocorrem variações no número de ligações ao longo dos meses, não podendo ser garantido o critério de se considerar sempre as mesmas ligações para o cálculo desses parâmetros.

Entretanto, observando que a variação no número de ligações ao longo dos meses é significativamente pequena em relação à quantidade de ligações, como pode ser visualizado no ANEXO II, partiu-se da premissa que os cálculos, resultados e análises não seriam significativamente alterados.

Dessa forma, os parâmetros K1 e K2 foram calculados observando-se os procedimentos descritos no item 3.4, e o resumo dos cálculos, assim como informações complementares interessantes utilizadas para análise, podem ser visualizadas no ANEXO I, que analisam os parâmetros para cada unidade de distribuição de água, e para a zona urbana de Brazlândia como um todo, respectivamente.

O resumo das informações calculadas pode ser visualizado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Síntese dos resultados obtidos no cálculo dos parâmetros K1 e K2.

K1							
Região / Períodos	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (até Julho)	Média
UDA.BRZ.001	1,13	1,16	1,16	1,35	1,16	1,11	1,18
UDA.BRZ.002	1,13	1,19	1,14	1,29	1,13	1,07	1,16
UDA.BRZ.003	1,69	1,66	1,92	2,03	1,25	1,12	1,61
Zona Urbana Brazlândia	1,13	1,18	1,13	1,17	1,14	1,07	1,14
K2							
UDA.BRZ.001	1,47	1,37	1,49	2,10	1,47	1,54	1,57
UDA.BRZ.002	1,33	1,33	1,40	1,30	1,31	1,36	1,34
UDA.BRZ.003	1,34	1,75	1,11	1,43	1,65	1,58	1,48
Zona Urbana Brazlândia	1,40	1,40	1,53	1,52	1,41	1,44	1,45

Analisando os resultados obtidos, com relação às limitações quantitativas e qualitativas das informações com precisão horária disponibilizadas para o cálculo dos parâmetros K1 e K2, deve-se compreender que por se tratar de um sistema operado totalmente de forma automática (segundo informações da Caesb), algumas situações podem ocorrer e gerar incertezas nas leituras dos macromedidores, como por exemplo a falha de comunicação (que em geral provoca o congelamento ou a falta de dados), a falha dos equipamentos envolvidos, a falta de energia prolongada, as situações em que se faz necessária a manutenção da rede, entre outras. Dessa forma, para uma análise ainda mais detalhada, visando uma melhor calibração e determinação desses parâmetros, seria necessária uma filtragem mais apurada dos dados, no sentido de conjugar os sinais de falha de comunicação e falhas de medição, assim como as falhas decorrentes de manutenções na rede, de forma a minimizar as limitações observadas.

Ainda com relação aos resultados obtidos para esses parâmetros, é interessante observar que se analisada a média dos resultados como um todo, para a zona urbana de Brazlândia os valores obtidos de  $K1 = 1,14$  e  $K2 = 1,45$  se encontram próximos aos recomendados pela literatura na ausência de dados ( $K1 = 1,2$  e  $K2 = 1,5$ ). Entretanto, ao observar o resultado desses parâmetros sob a ótica de cada unidade de distribuição de água, maior atenção deve ser dada principalmente à UDA.BRZ.003, cujo valor de  $K1 = 1,61$  obtido indica uma variação acentuada entre o dia de maior consumo e a média. Como visto, a UDA.BRZ.003, por se tratar da zona mais elevada, é abastecida diretamente por meio de um booster, fato que pode justificar de certa forma essa variação que ocorre nessa unidade de distribuição, tendo em vista que se exige mais de um controle operacional melhor para essa unidade. Se observado esse parâmetro ao longo dos anos

disponibilizados, observa-se que a maior variação diária (K1) para as unidades de distribuição ocorrem no ano de 2017, justamente o ano cujo racionamento foi iniciado no Distrito Federal. Com relação ao parâmetro K2, em média os valores para cada unidade de distribuição se encontraram próximos aos recomendados. Entretanto, deve-se ter certa cautela com relação à análise dos resultados obtidos, tendo em vista que as variações instantâneas diárias são características de sistemas de abastecimento que não possuem reservatório domiciliar (caixas d'água), estando os aparelhos hidráulicos das residências ligados diretamente à rede pública de distribuição de água. Dessa forma, embora esse parâmetro tenha sido calculado, e a proposta em si de calculá-lo seja válida (pelos motivos que serão mencionados adiante), como neste estudo não se sabe ao certo a influência dos reservatórios domiciliares na rede de distribuição, é necessário apontar essa ressalva para que esse fato não possa mitigar as tomadas de decisão que ocorram por meio do parâmetro obtido.

Face ao exposto, os valores de pico de vazão, K1 e K2, obtidos pelo estudo para a zona urbana de Brazlândia como um todo, são em média coerentes com aqueles valores recomendados, e resultam de grande interesse para o embasamento de dimensionamentos de tubulações, tendo em vista se tratar de uma região muito sensível hidricamente. Assim, para o planejamento e gerenciamento desse sistema, a previsão do consumo de água é um dos fatores de fundamental importância, visto que a operação e as suas possíveis ampliações e/ou melhorias estão diretamente associadas à demanda de água. Dessa forma, caso ocorra expansão no sistema distribuidor de água, visando minimizar custos ou adequar os parâmetros para a região estudada, os resultados obtidos podem servir de apoio na tomada de decisão, e para regiões existentes (ou que venham a existir) com características semelhantes, porém sem um monitoramento adequado, esses valores podem ser tomados como um referencial.

### **5.3.3 Estimativa do Índice de Perdas**

Como visto, a estimativa do índice de perdas de água é considerada como um dos principais indicadores de desempenho operacional por parte das prestadoras de serviços de saneamento. Dessa maneira, neste trabalho, as perdas foram avaliadas pela diferença de volume de entrada em cada unidade de distribuição de água comparadas com a soma de todos os volumes micro medidos nos períodos considerados.

Deve-se mencionar uma limitação temporal com relação aos dados disponibilizados pela Caesb nesse estudo para os cálculos que serão realizados a partir deste tópico, os quais envolvem os volumes micro medidos também. Essa limitação se baseia no fato de que a Companhia disponibilizou para as ligações georreferenciadas, mencionadas no processo de cálculo dos parâmetros de rede (como pode ser observado na Figura 5.6), apenas aos volumes mensais micro medidos dos anos de 2017, 2018, e até o final de julho de 2019.

Dessa forma, embora se tenha conseguido dados de macromedição para um longo período de tempo, os parâmetros e análises que necessitam dos volumes micro medidos, calculados a partir desse tópico, terão como aspecto temporal o período mencionado. Entretanto, haja vista essa limitação temporal com relação aos dados fornecidos, foi adotada a premissa de que as análises propostas nesse estudo continuariam válidas, tendo em vista que o período de racionamento no DF ocorreu a partir do ano de 2017, ano em que as campanhas de uso racional da água foram intensificadas.

Dessa forma, as estimativas de perdas (reais e aparentes) para o período disponibilizado foram calculadas observando-se os indicadores descritos no item 3.5 (indicador percentual de perdas e índice de perdas por ligação), e o resumo das informações calculadas pode ser visualizado na Tabela 5.4. Informações complementares que auxiliaram na determinação dessas estimativas podem ser visualizadas no ANEXO II.

Tabela 5.4 – Síntese dos resultados obtidos no cálculo da estimativa do índice de perdas..

Média IP (%)				
Região / Períodos	2017	2018	2019 (até Julho)	Média
UDA.BRZ.001	31,11	31,12	35,23	32,49
UDA.BRZ.002	37,86	39,99	44,06	40,64
UDA.BRZ.003	26,08	28,38	30,77	28,41
Zona Urbana Brazlândia	32,99	34,62	38,22	35,28
Média IPr (l/ramal.dia)				
UDA.BRZ.001	183,06	183,81	220,08	195,65
UDA.BRZ.002	284,99	324,44	375,97	328,47
UDA.BRZ.003	137,37	153,34	175,43	155,38
Zona Urbana Brazlândia	208,13	226,97	264,74	233,28

A representação das informações calculadas pode ser visualizada nas Figuras de 5.7 a 5.10.

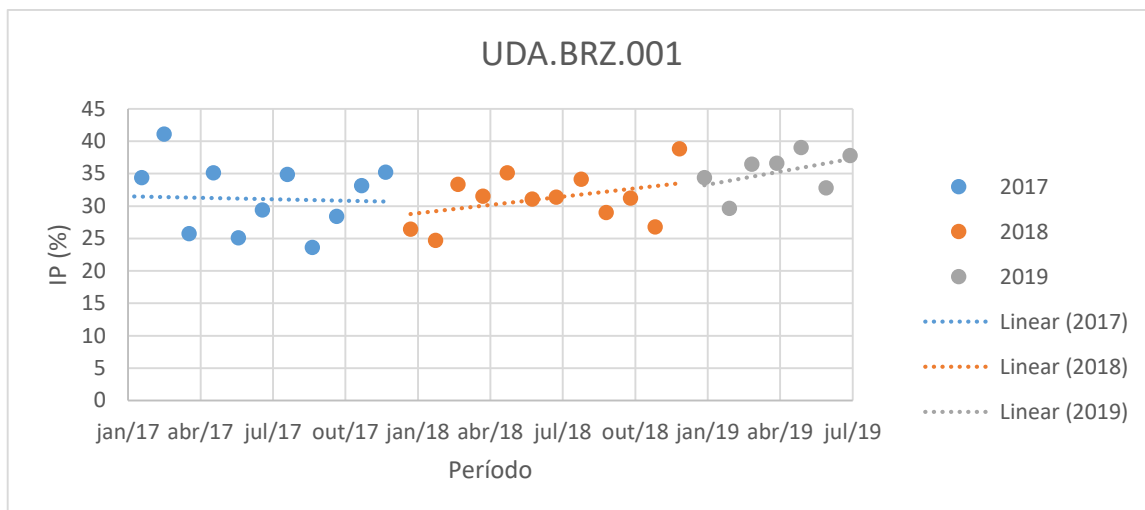


Figura 5.7 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.001 entre janeiro de 2017 a julho de 2019.

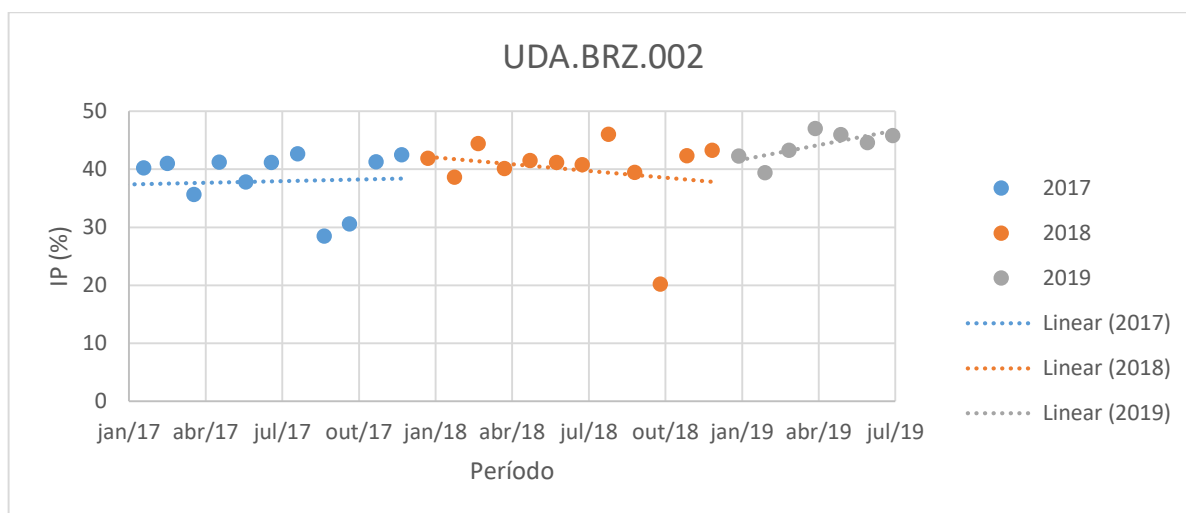


Figura 5.8 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.002 entre janeiro de 2017 a julho de 2019.

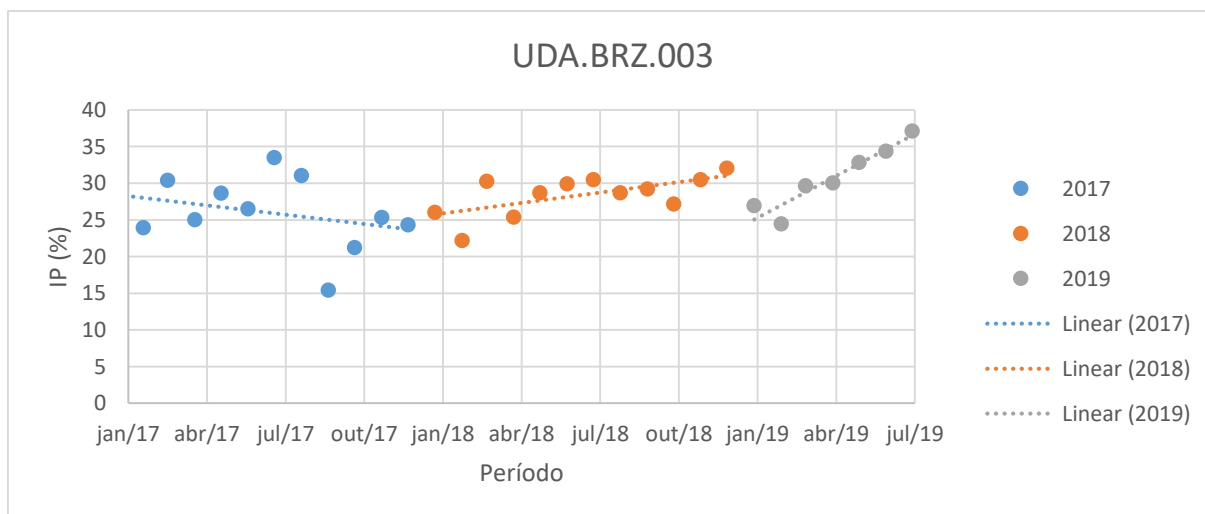


Figura 5.9 – IP (%) mensal da UDA.BRZ.003 entre janeiro de 2017 a julho de 2019.



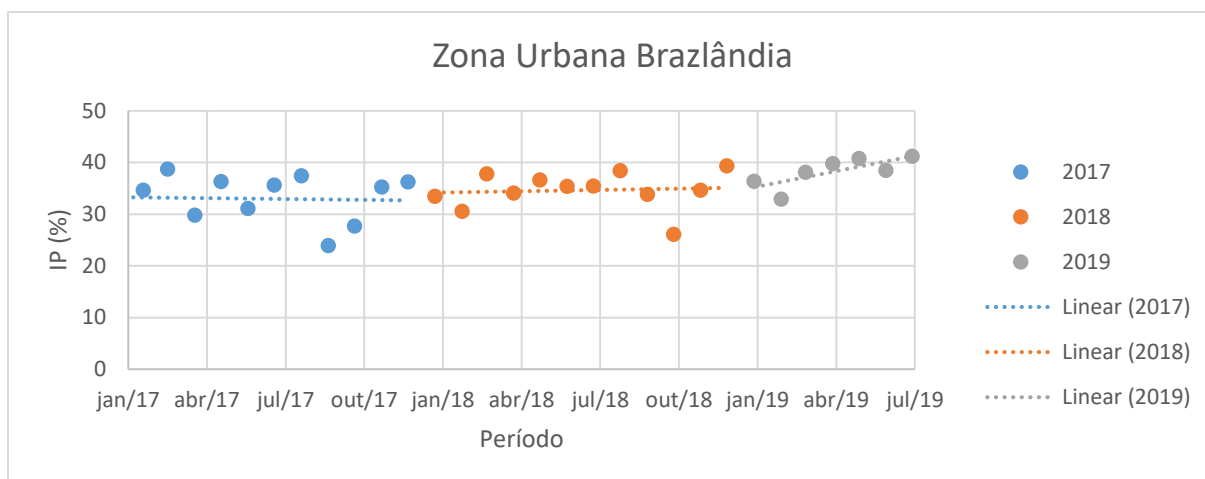


Figura 5.10 – IP (%) mensal da Zona Urbana de Brazlândia entre janeiro de 2017 a julho de 2019.

Analisando os resultados obtidos, em média observou-se que a estimativa de perdas na zona urbana de Brazlândia (IP = 35,28%) apresenta valor muito próximo ao índice de perdas estimado pela Caesb em seus termos de viabilidade de atendimento de água (IP = 35%) para novos empreendimentos. Analisando individualmente essas estimativas, tanto IP (%) quanto o IPr (l/ramal.dia), observa-se que a UDA.BRZ.002 apresenta os maiores valores para essas estimativas se comparadas as demais. Em seguida observa-se a UDA.BRZ.001 e por último a UDA.BRZ.003.

Dessa forma, pode-se perceber que regiões cujas ocupações ocorreram primeiro apresentam perdas maiores, em contrapartida as regiões ocupadas de forma mais recente apresentam perdas menores (ver Figura 4.3). Um dos principais fatores responsáveis pelas perdas aparentes é o envelhecimento do parque de hidrômetros, assim como o envelhecimento das redes contribuem para o crescimento das perdas reais, em decorrência de possíveis vazamentos. Dessa forma, esses fatores podem ser pontos a serem observados que podem justificar os resultados obtidos.

### 5.3.4 Análise da distribuição de água

Tendo em vista os resultados obtidos até este ponto, por meio dos dados de macromedição mensal disponibilizados, foi possível observar a distribuição média mensal de água ocorrida nas diferentes unidades de distribuição de água, e consequentemente na zona urbana de Brazlândia como um todo. Dessa forma, essa distribuição ocorrida no período de dados disponibilizados pode ser visualizada na Figura 5.11.

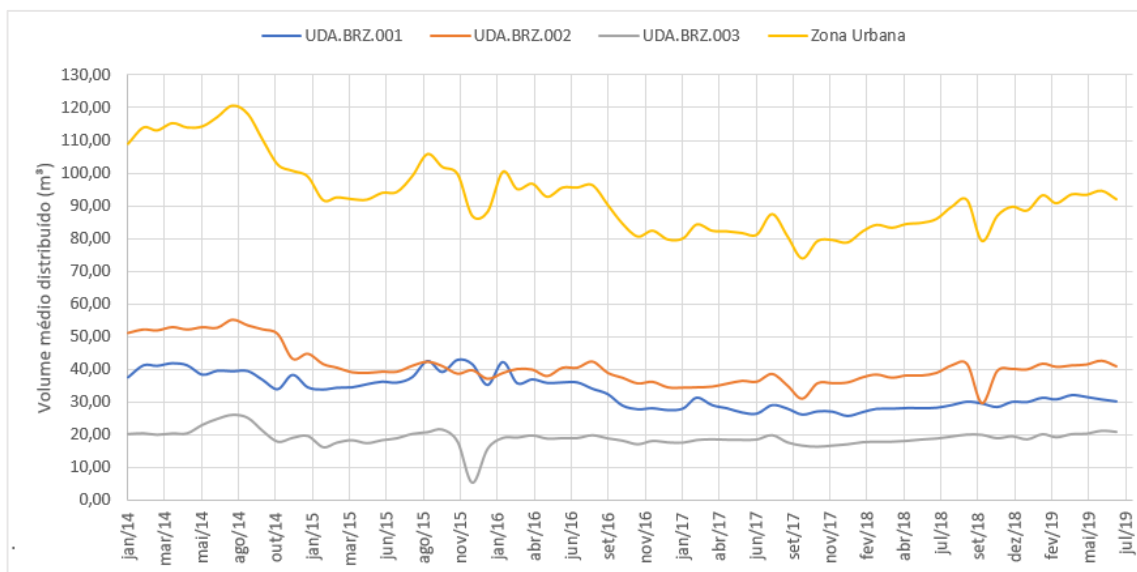


Figura 5.11 – Distribuição média mensal de água entre janeiro de 2014 a julho de 2019.

Com relação à análise da média mensal de água distribuída no período analisado, como pôde ser observado, e por meio da estimativa populacional realizada, observa-se que a UDA.BRZ.003 é a que menos demanda água (menor população), ao passo que as demais possuem demandas próximas (populações quase parecidas). Já com relação à região como um todo, primeiramente cabe reforçar que nos anos de 2016 e 2017, o Distrito Federal sofreu um longo período de estiagem, o que acarretou na redução das vazões dos mananciais na bacia a montante do lago Descoberto, que inclui a região de Brazlândia. A Caesb aponta ainda que contribuiu para a falta de regularidade do abastecimento na região nos meses de estiagem desse período a captação excessiva para outros usos da água à montante das captações, especialmente para a agricultura, na bacia do córrego Barroão.

Mas analisando a variação ocorrida especialmente nesse período de crise hídrica observa-se que um dos fatores que pode ter contribuído para o decréscimo da distribuição de água para a região nesse período foi a intensificação de ações de redução de perdas, como pode ser visto na tendência de decréscimo desse índice para o ano de 2017. O outro fator discutido nas propostas desse estudo e aqui descrito que pode ter influenciado foi a redução do consumo da população, provavelmente influenciada pela crise hídrica. Dessa forma, apesar dessa localidade ter ficado fora do plano de racionamento que envolveu os Sistemas Descoberto e Torto-Santa Maria, acredita-se que as campanhas de uso racional da água surtiram efeito em Brazlândia. Já para os anos seguintes ao racionamento (parte de 2018 e 2019), superada a crise hídrica e o fim do racionamento, observa-se que a demanda por água apresenta uma tendência de crescimento,

assim como as estimativas de perdas, necessitando um melhor acompanhamento da evolução dessa demanda no decorrer dos próximos meses e anos.

Ainda para a zona urbana como um todo, por meio dos dados de macromedição com precisão horária fornecidos, foi possível identificar o comportamento da curva de distribuição que mais se repete, pois é com este cenário que convive o setor operacional. Essas informações podem ajudar os operadores dos sistemas de abastecimento de água, pois ao calibrar o sistema seguindo essa média, é possível criar vários cenários de avaliação por meio dos níveis de reservação e das vazões máximas diárias e mínimas contabilizadas em horários noturnos.

Todos os valores de distribuição de água, quando se apresentam fora de uma média de comportamento, devem gerar um sinal de alerta, pois são indícios de problemas a serem investigados, como por exemplo, vazamentos. Dessa maneira, o comportamento médio da série de dados estudados, separando-se pelos dias da semana, pode ser visto na Figura 5.12. Pode-se identificar como o comportamento é diferente, principalmente nos dias de sábado e domingo, fato que revela a influência dos hábitos comportamentais da população, no estudo das curvas de distribuição.

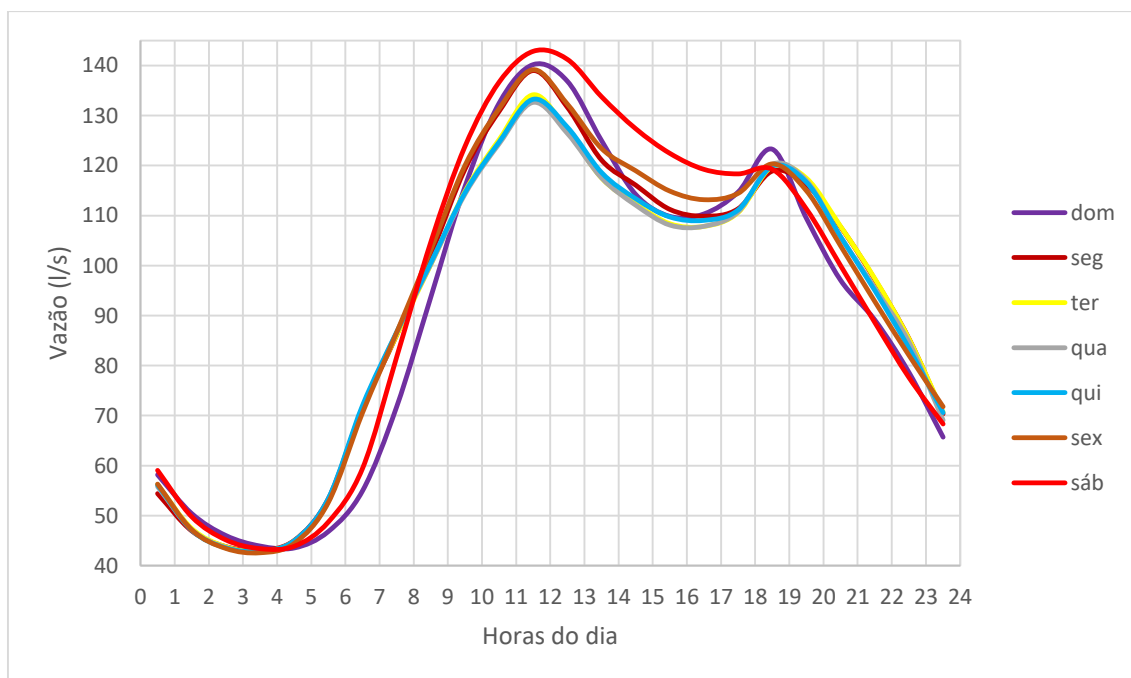


Figura 5.12 – Curva de distribuição média de água para a Zona Urbana de Brazlândia por dia da semana.

Já a representação da curva adimensional média dos valores adquiridos neste estudo pode ser visualizada na Figura 5.13. Essa representação é muito útil, pois é usada na simulação e no dimensionamento de sistemas de abastecimento quando se usam modelos hidráulicos computacionais.

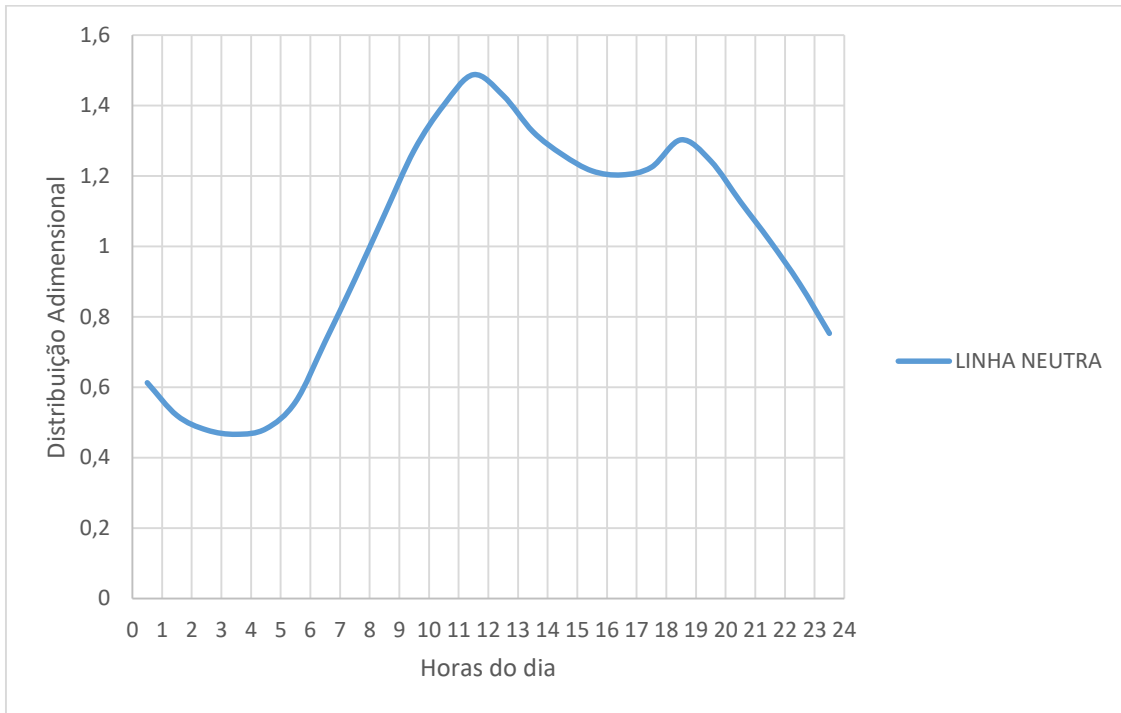


Figura 5.13 – Curva adimensional de distribuição de água da Zona Urbana de Brazlândia.

### 5.3.5 Cálculo do Consumo *per capita* e *per capita* efetivo

O cálculo do consumo *per capita* de água “q” foi calculado como sendo o volume total distribuído (medido pelos macromedidores), dividido pela população total servida, nos períodos de tempo observados, conforme visto na Equação (3.6).

De acordo com os índices de perdas calculados para cada unidade de distribuição de água dos respectivos períodos de tempo analisados, foi possível obter a estimativa do consumo *per capita* efetivamente consumido pela população ( $q_e$ ). Como já mencionado, o índice de perdas representa tanto as perdas reais quanto as perdas aparentes. A seguir apresenta-se Equação (5.1), utilizada para o cálculo consumo *per capita* efetivo:

$$q_e = \frac{V_{md_d}}{P_h} \times (1 - IP) \quad (5.1)$$

Em que:

$q_e$ : Consumo *per capita* efetivo (l/hab.dia);

$V_{md_d}$ : Volume médio diário distribuído a uma dada população (l/dia);

$Ph$ : População (hab)

$IP$ : Índice Total de Perdas (%);

A Tabela 5.5 apresenta esses valores de perdas bem como os *per capita* calculados para as regiões de estudo.

Tabela 5.5 – Consumo de água *per capita* e *per capita* efetivo (l/hab.dia).

	Ano	Vol. Fornecido (m <sup>3</sup> )	Índice de Perdas (%)	População (hab.)	<i>Per capita</i> (l/hab.dia)	<i>Per capita</i> Efetivo (l/hab.dia)
UDA.BRZ.001	2017	876541	31	17670	136	94
	2018	892044	31	17804	137	95
	2019	566129	35	18067	148	96
UDA.BRZ.002	2017	1113836	38	16125	189	118
	2018	1202555	40	16248	203	122
	2019	756086	44	16487	216	121
UDA.BRZ.003	2017	566642	26	12940	120	89
	2018	590397	28	13036	124	89
	2019	368329	31	13231	131	91
Zona Urbana	2017	2557019	33	46735	150	100
	2018	2684996	35	47088	156	102
	2019	1690544	38	47785	167	103

Uma melhor visualização dos resultados obtidos pode ser vista na Figura 5.14 e Figura 5.15.

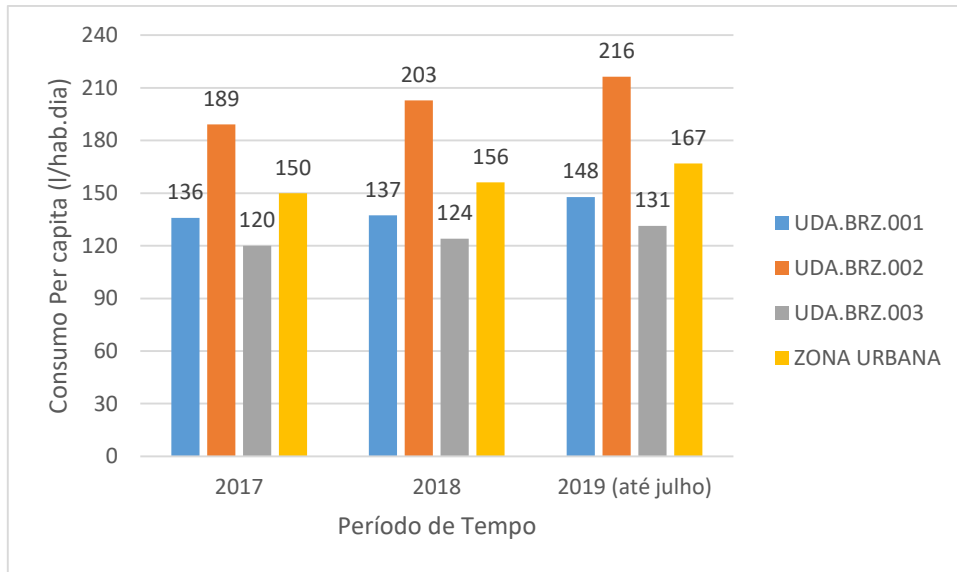


Figura 5.14 – Consumo de água *per capita* entre janeiro de 2017 a julho de 2019.

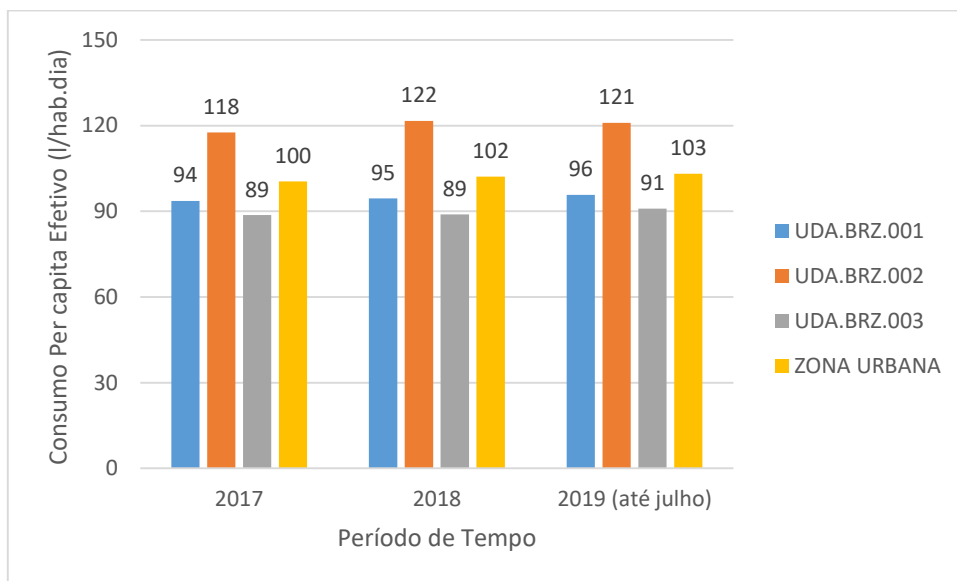


Figura 5.15 – Consumo de água *per capita* efetivo entre janeiro de 2017 a julho de 2019.

Analisando os resultados obtidos, para o consumo *per capita* e o consumo *per capita* efetivo, percebe-se que ambos foram os menores (em todas as unidades de distribuição e para a zona urbana como um todo) no ano de 2017, com um crescimento gradativo nos demais anos, fato que só corrobora para ratificar o exposto até aqui (controle do índice de perdas associado à menor demanda por água no período de racionamento em 2017, e tendência de crescimento desses fatores nos anos de 2018 e 2019). Outro ponto a se destacar, conforme também pôde ser visto na revisão bibliográfica deste trabalho, para a região como um todo o consumo *per capita*

efetivo (aquele de fato consumido pela população), se encontra abaixo do valor mínimo de referência igual a 110 l/hab.dia estabelecido pela OMS, característica das regiões administrativas que possuem baixa renda. Analisando sob a ótica de cada unidade de distribuição, percebe-se que novamente a UDA.BRZ.002 se distancia das demais, sendo a única que se encontra acima do valor mínimo de referência estabelecido, entretanto, apesar disso, como já mencionado, é a que possui as maiores perdas.

### **5.3.6 Tipos de Consumo**

Como visto, a classificação dos consumidores por categorias de consumo é feita devido à necessidade de estabelecimento de políticas tarifárias e de cobranças diferenciadas. Dessa forma, entender o comportamento do consumo de água, tendo em vista a classificação dos consumidores, se faz importante para a compreensão da dinâmica do sistema como um todo.

Assim, conforme procedimento descrito no item 5.3.1, por meio da compatibilização de informações do cadastro de clientes e das ligações geoespacializadas, foi possível sintetizar o consumo de água por categoria para as diferentes unidades de distribuição, e conseqüentemente para a zona urbana.

Dessa forma, a Tabela 5.6 apresenta as categorias de consumo de água nas regiões analisadas para o período disponibilizado, bem como o percentual de contribuição de cada uma delas para o total consumido nos anos. Em que, para estes anos, na zona urbana de Brazlândia, o consumo residencial foi responsável por mais de 86% do total consumido, seguido do público, com mais de 7%, e do comercial em torno de 4%. Já para o consumo industrial foi possível observar uma representação inferior a um por cento. As informações mensais que auxiliaram na síntese desses resultados podem ser visualizadas no ANEXO III.

Tabela 5.6 – Volumes consumidos por categoria de consumo de água para a Zona Urbana de Brazlândia.

Região	Categoria	Volume medido por categoria de consumo (m <sup>3</sup> )					
		2017	(%)	2018	(%)	2019 (até julho)	(%)
UDA.BRZ.001	Total	602532	100	612995	100	366167	100
	Comercial	24718	4,10	26195	4,27	16141	4,41
	Industrial	865	0,14	1320	0,22	1221	0,33
	Público	31422	5,21	36345	5,93	18167	4,96
	Residencial	545527	90,54	549135	89,58	330638	90,30
UDA.BRZ.002	Total	690514	100	716501	100	422569	100
	Comercial	43304	6,27	46664	6,51	29046	6,87
	Industrial	467	0,07	492	0,07	274	0,06
	Público	79941	11,58	105169	14,68	59652	14,12
	Residencial	566802	82,08	564176	78,74	333597	78,94
UDA.BRZ.003	Total	417777	100	422211	100	254304	100
	Comercial	4547	1,09	4880	1,16	2360	0,93
	Industrial	391	0,09	296	0,07	191	0,08
	Público	11653	2,79	6894	1,63	4371	1,72
	Residencial	401186	96,03	410141	97,14	247382	97,28
Zona Urbana	Total	1710823	100	1751707	100	1043040	100
	Comercial	72569	4,24	77739	4,44	47547	4,56
	Industrial	1723	0,10	2108	0,12	1686	0,16
	Público	123016	7,19	148408	8,47	82190	7,88
	Residencial	1513515	88,47	1523452	86,97	911617	87,40

Analisando os resultados obtidos, observa-se que para o consumo de água, com relação às diferentes categorias, como já era esperado, a maior parte é classificada como residencial, tanto para a zona urbana como um todo, como para cada unidade de distribuição de água. Um ponto a ser observado interessante é que ao contrário do que ocorre com a média do Distrito Federal, cujo segundo maior consumo é o comercial, conforme pôde ser observado na revisão bibliográfica, em Brazlândia o consumo público é um pouco maior que o comercial. Já o consumo industrial é quase irrelevante na comparação percentual com as demais categorias de consumo.



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista as limitações encontradas durante esse estudo com relação às informações disponibilizadas, assim como os resultados obtidos por meio delas, e por meio das análises discutidas, as quais buscaram informações complementares que almejavam o melhor entendimento do sistema de distribuição envolvido, é possível concluir que em síntese, para a zona urbana de Brazlândia como um todo acredita-se que a crise hídrica, embora não tenha ocorrido racionamento nessa região, tenha influenciado no consumo dos moradores da região. Os coeficientes de variação do consumo ( $K1=1,14$  e  $K2=1,45$ ) obtidos para a região como um todo encontram-se próximos aos estabelecidos pela literatura na ausência de dados ( $K1=1,2$  e  $K2=1,5$ ). O índice de perdas ( $IP=35,28\%$ ) está muito próximo ao estimado pela Caesb em seus termos de viabilidade de atendimento para novos empreendimentos ( $IP=35\%$ ). Os dias em que ocorrem as maiores distribuições de água para zona urbana são os de final de semana (em especial o sábado). O consumo *per capita* efetivo encontra-se abaixo do recomendado pela OMS (110 l/hab.dia), e o consumo residencial é responsável pela maior parcela de consumo da região (acima de 86%), seguida do consumo público, comercial e industrial, respectivamente, sendo este último pouco relevante em termos percentuais.

Tendo em vista o estudo realizado, e diante das dificuldades e limitações observadas, buscou-se sintetizar as principais recomendações e procedimentos a serem adotados em trabalhos futuros com o intuito de ampliar os conhecimentos e possibilidades de pesquisas. Assim, temos:

- Geoprocessamento e Saneamento.

Como visto nesse estudo, as ferramentas de geoprocessamento auxiliam na rápida visualização de uma gama de informações e possibilita a rápida tomada de decisão. Assim, como sugestão recomenda-se apontar a importância dessa disciplina no setor de saneamento, buscando comparar se as diferentes companhias responsáveis pelo abastecimento público de água no Brasil se utilizam dessas ferramentas. Além disso, pode-se justamente fazer o comparativo de gestão e tomada de decisão entre aquelas que se utilizam do geoprocessamento daquelas que não utilizam dessas ferramentas. Outro ponto importante nesse assunto diz respeito à importância de um cadastro técnico de confiabilidade para manipulação dessas informações, pois, assim como observado nesse estudo, algumas limitações podem ocorrer devido à falta de atualização dessas informações de maneira tempestiva e correta.

- Calibração de parâmetros hidráulicos para demais regiões administrativas.

Como apontado diversas vezes no decorrer desse estudo, o refinamento e a calibração de parâmetros da rede de distribuição de água é de suma importância para uma boa gestão do sistema como um todo. Dessa forma, recomenda-se que essa calibração seja feita para um número maior de regiões administrativas. Entretanto, fica nítida a maior complexidade que requer um estudo como esse, tendo em vista que por se tratarem de sistemas interligados, é necessário um conhecimento mais aprofundado desses sistemas e informações por muitas vezes difíceis de se obter, como a transferência de água entre reservatórios e a compatibilização dessas informações em uma metodologia para análise.

- Determinação completa de um balanço hídrico

Como apresentado, nesse estudo as estimativas de perdas incluía perdas aparentes e reais. Entretanto, quanto maior precisão com relação à estimativa de perdas, melhor direcionadas serão as políticas que se basearem nessas estimativas para o melhor controle, gestão e operação do sistema. A construção de um balanço hídrico pode se dar de cima para baixo (método top down) ou de baixo para cima (método bottom up). Dessa forma, compreender e determinar completamente um balanço hídrico para uma região se constituiria uma linha de pesquisa interessante a se trabalhar.

- Influência do uso de caixas d'água e a submedição de hidrômetros na determinação de parâmetros da rede de água.

Ambos fatores são responsáveis por limitar em parte a precisão e conclusão das análises realizadas em estudos com uma visão ampliada da situação, como o caso do presente estudo. Dessa forma, é interessante avaliar a forma como essas situações podem ocorrer de forma mais específica, buscando compreender e estimar a influência dessas situações.

Diante das recomendações feitas, observa-se a importância da pesquisa para o aperfeiçoamento de estudos já realizados, visando a geração de novos conhecimentos e agregação de valor em caráter científico. Assim, por meio deste estudo, observa-se que há uma gama de pesquisas ainda a serem realizadas que podem contribuir para o aperfeiçoamento dessa linha de pensamento. Dessa forma, este estudo por aqui se encerra engajando novas pesquisas a serem realizadas nessa área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 12.211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 14. 1992.
- ABNT. NBR 12.218 - Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2017.
- ADASA. Resolução nº 014/2011, de 27 de outubro de 2011.
- ANA. ATLAS Brasil - Abastecimento Urbano de Água. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2010.
- BRANDÃO, A.; PAVIANI, A. 2018. A crise e o consumo de água em Brasília. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, Texto para Discussão, n. 39, 26 p.
- BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997.
- CAESB. Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília. 2010.
- CAESB. SIÁGUA - Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Brasília, DF, p. 147. 2014.
- CAESB. Projeto Atlas: Inteligência Geográfica que transforma dados em conhecimento.
- CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Introdução. In CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio (Org's). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Brasília: INPE/DPI, 2001, p.01.
- CASTRO, K. B. 2018. Consumo de Água do Distrito Federal Por Região Administrativa. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, Texto para Discussão, n. 50, 36 p.
- CODEPLAN. PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília. 2015.

- CODEPLAN. PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília. 2018.
- COELHO. A.C. Medição de água e controle de perdas. Rio de Janeiro: ABES, 1983.
- CRH/DF. Resolução nº05/2006. Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal, 2006.
- DOWER, G. M. B. (2018). Avaliação da Influência de Fatores Socioeconômicos e Espaciais no Consumo de Água em Regiões Selecionadas do Distrito Federal. Brasília, DF, 82p.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde (2004). Manual de Saneamento. 3. ed. rev., Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 165 p.
- GDF. Plano Distrital de Saneamento Básico. Brasília. 2017.
- GUEDES, N. S.; ATHAYDE JR., G. B.; CHAVES, G. L. R. 2016. Análise do consumo *per capita* de água em municípios do Nordeste do Brasil. In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande, PB. 2016.
- GOMES, Heber Pimentel. Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias. 3a Edição. 3 p. Editora Universitária /UFPB, 2009.
- GUIDI, J.M.M. (2016). Análise da variação do consumo de água utilizando dados obtidos por sistemas supervisores remotos - estudo de caso: município de Franca-SP. Campinas, SP, 92 p.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. D. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859 p.
- IWA – International Water Association. Disponível em: <https://iwa-network.org/> . Acesso em junho de 2019.
- JIMÉNEZ, D.; ORREGO, S.; VÁSQUEZ F.; PONCE, R. 2017. Estimación de la demanda de agua para uso residencial urbano usando un modelo discreto-continuo y datos

desagregados a nível de hogar: el caso de la ciudad de Manizales, Colombia. *Lecturas de Economía*, v. 86, p. 153-178.

MATOS, J. C. C. T. (2007). *Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano*. Brasília, DF, 122p.

MCDONALD, R.; WEBERA, K.A; PADOWSKI, J.; FLÖRKE, M.; CHRISTOF, S.; GREEN, P.; MONTGOMERYI, M. 2014. Water on an urban planet: urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, v. 27, p. 96-105.

MENDONÇA, S.R. *Manual reparador de medidores de água*. São Paulo: CETESB, 1975.

OMEGA. Equipamentos de Medição de Vazão e Nível. Disponível em: <https://br.omega.com>  
Acesso em: 18 de maio de 2019.

ONU, Organização das Nações Unidas. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: nature-based solutions for water*. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/>. Acesso em: maio de 2019.

ORSINI, E. Q. *Sistemas de abastecimento de água*. Apostila da disciplina PHD 412 – Saneamento II. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, SP, 1996.

PAVIANI, A.; BRANDÃO, A. 2015. *Consumo de água em Brasília – crise e oportunidade*. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, Texto para Discussão, n. 8, 28 p.

SHAYIB. M.A. *Applied Statistics*, 1<sup>st</sup> edition, 2013, 300 p.

SNIS. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Brasília. 2015.

SNSA. *Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento – nível 2*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Salvador, 2008.

- TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.
- VON SPERLING, M.; SANTOS, A. S. P.; MELO, M. C.; LIBÂNIO, M. 2002. Investigação de fatores de influência no consumo *per capita* de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais. In: VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.
- YOSHIDA, O. S., SANCHEZ, J. G., MOTTA, S. A., FRANCISCO, S. S. Parametrização de Consumo de Água por Atividade Econômica. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro: ABES, 1999.

## **ANEXO I**

DADOS REFERENTES AO CÁLCULO DOS PARÂMETROS K1 e K2

Região	Anos	Nº Dias Completos	Vazão média (l/s)		Dia de maior consumo		Vazão máxima horária (l/s)	Horário que ocorre a máxima vazão	K2
			Diária do ano	Do dia de maior consumo do ano	Diária do ano	Do dia de maior consumo			
UDA.BRZ.001	2014	323	37,00	41,97	22/abr	1,13	61,66	11:00 - 12:00	1,47
	2015	310	35,63	41,49	19/out	1,16	56,66	11:00 - 12:00	1,37
	2016	295	33,91	39,34	13/ago	1,16	58,47	11:00 - 12:00	1,49
	2017	330	27,76	37,53	17/out	1,35	78,95	16:00 - 17:00	2,10
	2018	323	28,25	32,89	21/dez	1,16	48,36	11:00 - 12:00	1,47
	2019 (até 31/07)	186	30,62	33,85	30/mar	1,11	52,09	11:00 - 12:00	1,54
					Média	1,18		Média	1,57

Região	Anos	Nº Dias Completos	Vazão média (l/s)		Dia de maior consumo		Vazão máxima horária (l/s)	Horário que ocorre a máxima vazão	K2
			Diária do ano	Do dia de maior consumo do ano	Diária do ano	Do dia de maior consumo			
UDA.BRZ.002	2014	323	51,69	58,66	17/out	1,13	77,90	06:00 - 07:00	1,33
	2015	310	40,55	48,27	09/jan	1,19	64,12	11:00 - 12:00	1,33
	2016	295	39,15	44,79	02/set	1,14	62,78	11:00 - 12:00	1,40
	2017	330	35,47	45,91	26/set	1,29	59,8	10:00 - 11:00	1,30
	2018	323	39,00	43,92	28/set	1,13	57,74	11:00 - 12:00	1,31
	2019 (até 31/07)	186	40,91	43,58	14/jun	1,07	59,46	11:00 - 12:00	1,36
					Média	1,16		Média	1,34



Região	Anos	Nº Dias Completos	Vazão média (l/s)		Dia de maior consumo	K1	Dia de maior consumo		K2
			Diária do ano	Do dia de maior consumo do ano			Vazão máxima horária (l/s)	Horário que ocorre a máxima vazão	
UDA.BRZ.003	2014	323	21,95	37,2	10/ago	1,69	49,73	10:00 - 11:00	1,34
	2015	310	17,36	28,89	16/out	1,66	50,62	11:00 - 12:00	1,75
	2016	295	17,66	33,88	15/set	1,92	37,65	20:00 - 21:00	1,11
	2017	330	17,88	36,23	19/out	2,03	51,99	06:00 - 07:00	1,43
	2018	323	18,68	23,44	02/nov	1,25	38,64	11:00 - 12:00	1,65
	2019 (até 31/07)	186	20,14	22,58	30/jul	1,12	35,59	11:00 - 12:00	1,58
					Média	1,61	Média		1,48

Região	Anos	Nº Dias Completos	Vazão média (l/s)		Dia de maior consumo	K1	Dia de maior consumo		K2
			Diária do ano	Do dia de maior consumo do ano			Vazão máxima horária (l/s)	Horário que ocorre a máxima vazão	
Zona urbana Brazlândia	2014	323	110,65	124,94	10/ago	1,13	174,8	11:00 - 12:00	1,40
	2015	310	93,54	110,38	19/out	1,18	154,75	11:00 - 12:00	1,40
	2016	295	90,72	102,92	19/mar	1,13	157,2	11:00 - 12:00	1,53
	2017	330	81,11	94,83	08/set	1,17	144,61	10:00 - 11:00	1,52
	2018	323	85,93	97,62	21/dez	1,14	137,33	11:00 - 12:00	1,41
	2019 (até 31/07)	186	91,66	98,02	30/jul	1,07	140,95	11:00 - 12:00	1,44
					Média	1,14	Média		1,45

## **ANEXO II**

**DADOS REFERENTES AO CÁLCULO DAS ESTIMATIVAS DE PERDAS**

UDA.BRZ.001						
Período	Nº de ligações	Volume Fornecido (m³)	Volume Micro Medido (m³)	Volume Desperdiçado (m³)	IP (%)	IPr (l/lig.dia)
jan/17	4092	73505	53411	20094	27	161
fev/17	4098	67563	44335	23228	34	186
mar/17	4098	83807	49383	34424	41	276
abr/17	4102	75090	55755	19335	26	155
mai/17	4097	74995	48664	26331	35	211
jun/17	4093	69155	51816	17339	25	139
jul/17	4091	70549	49823	20726	29	167
ago/17	4104	77593	50556	27037	35	217
set/17	4100	72265	55210	17055	24	137
out/17	4105	69772	49967	19805	28	159
nov/17	4111	70036	46830	23206	33	186
dez/17	4115	72210	46782	25428	35	203
jan/18	4116	68621	50473	18148	26	145
fev/18	4107	64883	48865	16018	25	128
mar/18	4116	74540	49674	24866	33	199
abr/18	4123	72213	49467	22746	31	181
mai/18	4136	75209	48809	26400	35	210
jun/18	4126	72654	50084	22570	31	180
jul/18	4130	75477	51799	23678	31	188
ago/18	4144	77685	51175	26510	34	210
set/18	4152	77864	55274	22590	29	179
out/18	4270	78986	54323	24663	31	190
nov/18	4197	73587	53903	19684	27	154
dez/18	4251	80325	49149	31176	39	241
jan/19	4301	80165	52627	27538	34	210
fev/19	4231	75624	53204	22420	30	174
mar/19	4264	82361	52340	30021	36	231
abr/19	4316	83151	52739	30412	37	232
mai/19	4204	84423	51486	32937	39	258
jun/19	4253	79678	53555	26123	33	202
jul/19	4302	80727	50216	30511	38	233

UDA.BRZ.002						
Período	Nº ligações	Volume Fornecido (m³)	Volume Micro Medido (m³)	Volume desperdiçado (m³)	IP (%)	IPr (l/lig.dia)
jan/17	4063	92685	63356	29329	32	237
fev/17	4063	83476	49890	33586	40	272
mar/17	4055	92699	54685	38014	41	308
abr/17	4074	90253	58073	32180	36	260
mai/17	4072	95619	56176	39443	41	318
jun/17	4069	94764	58936	35828	38	289
jul/17	4077	97279	57209	40070	41	323
ago/17	4081	103520	59377	44143	43	356
set/17	4067	91057	65126	25931	28	210
out/17	4063	83459	57915	25544	31	207
nov/17	4074	92923	54541	38382	41	310
dez/17	4070	96101	55230	40871	43	330
jan/18	4074	96637	56155	40482	42	327
fev/18	4071	91107	55921	35186	39	284
mar/18	4082	103065	57284	45781	44	369
abr/18	4084	97304	58248	39056	40	314
mai/18	4099	102395	59873	42522	42	341
jun/18	4097	99040	58245	40795	41	327
jul/18	4099	104431	61829	42602	41	342
ago/18	4099	110618	59689	50929	46	408
set/18	4113	107931	65311	42620	39	341
out/18	4159	79870	63741	16129	20	127
nov/18	4081	102540	59133	43407	42	350
dez/18	4217	107618	61072	46546	43	363
jan/19	4180	107243	61908	45335	42	357
fev/19	4129	101074	61243	39831	39	317
mar/19	4226	109332	62001	47331	43	368
abr/19	4154	106894	56619	50275	47	398
mai/19	4103	111180	60079	51101	46	409
jun/19	4221	110601	61242	49359	45	384
jul/19	4153	109761	59477	50284	46	398

UDA.BRZ.003						
Período	Nº ligações	Volume Fornecido (m³)	Volume Micro Medido (m³)	Volume desperdiçado (m³)	IP (%)	IPr (l/lig.dia)
jan/17	2956	47435	34315	13120	28	146
fev/17	2957	42689	32474	10215	24	114
mar/17	2958	49390	34388	15002	30	167
abr/17	2958	48315	36227	12088	25	134
mai/17	2971	49631	35420	14211	29	157
jun/17	2974	47900	35196	12704	27	140
jul/17	2973	49791	33105	16686	34	185
ago/17	2976	53300	36761	16539	31	183
set/17	2966	45930	38848	7082	15	79
out/17	2976	44863	35347	9516	21	105
nov/17	2979	42535	31752	10783	25	119
dez/17	2983	44863	33944	10919	24	120
jan/18	2980	45881	33931	11950	26	132
fev/18	2985	43038	33484	9554	22	105
mar/18	2991	47970	33449	14521	30	160
abr/18	2986	46500	34708	11792	25	130
mai/18	2976	48693	34720	13973	29	154
jun/18	2984	48237	33813	14424	30	159
jul/18	2991	50595	35181	15414	30	169
ago/18	3007	52255	37273	14982	29	164
set/18	3006	52073	36856	15217	29	166
out/18	3020	53568	39008	14560	27	159
nov/18	3077	49196	34201	14995	30	160
dez/18	3038	52390	35587	16803	32	182
jan/19	3032	49979	36515	13464	27	146
fev/19	3083	48868	36924	11944	24	127
mar/19	3041	51586	36290	15296	30	165
abr/19	3033	52384	36651	15733	30	171
mai/19	3091	54479	36578	17901	33	190
jun/19	3049	55028	36117	18911	34	204
jul/19	3044	56005	35229	20776	37	224

Zona Urbana Brazlândia						
Período	Nº ligações	Volume Fornecido (m³)	Volume Micro Medido (m³)	Volume desperdiçado (m³)	IP (%)	IPr (l/lig.dia)
jan/17	11111	213624	151082	62542	29	185
fev/17	11118	193729	126699	67030	35	198
mar/17	11111	225896	138456	87440	39	259
abr/17	11134	213659	150055	63604	30	188
mai/17	11140	220245	140260	79985	36	236
jun/17	11136	211818	145948	65870	31	194
jul/17	11141	217620	140137	77483	36	229
ago/17	11161	234414	146694	87720	37	258
set/17	11133	209252	159184	50068	24	148
out/17	11144	198094	143229	54865	28	162
nov/17	11164	205494	133123	72371	35	213
dez/17	11168	213174	135956	77218	36	227
jan/18	11170	211138	140559	70579	33	208
fev/18	11163	199028	138270	60758	31	179
mar/18	11189	225575	140407	85168	38	250
abr/18	11193	216017	142423	73594	34	216
mai/18	11211	226298	143402	82896	37	243
jun/18	11207	219931	142142	77789	35	228
jul/18	11220	230503	148809	81694	35	239
ago/18	11250	240559	148137	92422	38	270
set/18	11271	237868	157441	80427	34	235
out/18	11449	212424	157072	55352	26	159
nov/18	11355	225323	147237	78086	35	226
dez/18	11506	240333	145808	94525	39	270
jan/19	11513	237387	151050	86337	36	247
fev/19	11443	225566	151371	74195	33	213
mar/19	11531	243279	150631	92648	38	264
abr/19	11503	242430	146009	96421	40	276
mai/19	11398	250082	148143	101939	41	294
jun/19	11523	245307	150914	94393	38	269
jul/19	11499	246493	144922	101571	41	290

## **ANEXO III**

DADOS REFERENTES À COMPARAÇÃO DE CONSUMO POR CATEGORIAS

Volume consumido (m³) - UDA.BRZ.001				
Período	Comercial	Industrial	Público	Residencial
jan/17	2120	72	2474	48745
fev/17	1674	58	1244	41359
mar/17	1890	65	1566	45862
abr/17	1991	79	6958	46727
mai/17	2039	74	2111	44440
jun/17	2372	75	2569	46800
jul/17	2270	79	2185	45289
ago/17	2204	80	2322	45950
set/17	2395	84	3310	49421
out/17	2047	67	2642	45211
nov/17	1809	61	2133	42827
dez/17	1907	71	1908	42896
jan/18	1827	90	4014	44542
fev/18	1926	75	2440	44424
mar/18	2005	78	2489	45102
abr/18	2140	71	2907	44349
mai/18	1990	80	2941	43798
jun/18	2232	85	2640	45127
jul/18	2562	93	3328	45816
ago/18	2278	79	2649	46169
set/18	2529	168	3605	48972
out/18	2242	183	3424	48474
nov/18	2396	164	3173	48170
dez/18	2068	154	2735	44192
jan/19	2107	142	2365	48013
fev/19	2489	125	1623	48967
mar/19	2251	122	2617	47350
abr/19	2285	264	2919	47271
mai/19	2238	163	2995	46090
jun/19	2563	219	2864	47909
jul/19	2208	186	2784	45038



Volume consumido (m³) - UDA.BRZ.002				
Período	Comercial	Industrial	Público	Residencial
jan/17	3776	40	5278	54262
fev/17	3223	39	4450	42178
mar/17	3512	32	4773	46368
abr/17	3924	44	5399	48706
mai/17	3611	42	5482	47041
jun/17	4018	39	6266	48613
jul/17	3697	41	7001	46470
ago/17	3793	35	7597	47952
set/17	3692	40	8414	52980
out/17	3344	38	9006	45527
nov/17	3271	38	8330	42902
dez/17	3443	39	7945	43803
jan/18	3083	38	7674	45360
fev/18	3063	39	7228	45591
mar/18	3620	32	7513	46119
abr/18	3539	38	9155	45516
mai/18	3641	43	9624	46565
jun/18	3607	45	8621	45972
jul/18	3815	46	9413	48555
ago/18	3792	37	8333	47527
set/18	4025	49	10049	51188
out/18	4217	47	9509	49968
nov/18	4199	42	8863	46029
dez/18	6063	36	9187	45786
jan/19	3805	47	7602	50454
fev/19	3910	38	7788	49507
mar/19	4410	35	9590	47966
abr/19	4084	32	6841	45662
mai/19	5351	34	8915	45779
jun/19	4071	47	10399	46725
jul/19	3415	41	8517	47504

Volume consumido (m³) - UDA.BRZ.003				
Período	Comercial	Industrial	Público	Residencial
jan/17	336	25	559	33395
fev/17	284	36	413	31741
mar/17	336	47	439	33566
abr/17	392	16	1558	34261
mai/17	374	53	1461	33532
jun/17	406	52	782	33956
jul/17	305	55	750	31995
ago/17	390	30	544	35797
set/17	489	25	2853	35481
out/17	494	17	900	33936
nov/17	393	16	587	30756
dez/17	348	19	807	32770
jan/18	402	17	413	33099
fev/18	410	16	315	32743
mar/18	412	25	384	32628
abr/18	366	16	599	33727
mai/18	380	23	658	33659
jun/18	323	20	544	32926
jul/18	368	28	734	34051
ago/18	411	53	480	36329
set/18	444	30	790	35592
out/18	571	22	771	37644
nov/18	410	30	585	33176
dez/18	383	16	621	34567
jan/19	349	36	523	35607
fev/19	340	18	312	36254
mar/19	316	31	663	35280
abr/19	377	20	621	35633
mai/19	364	43	849	35322
jun/19	330	14	788	34985
jul/19	284	29	615	34301

Período	Volume consumido (m <sup>3</sup> ) – Zona Urbana			
	Comercial	Industrial	Público	Residencial
jan/17	6232	137	8311	136402
fev/17	5181	133	6107	115278
mar/17	5738	144	6778	125796
abr/17	6307	139	13915	129694
mai/17	6024	169	9054	125013
jun/17	6796	166	9617	129369
jul/17	6272	175	9936	123754
ago/17	6387	145	10463	129699
set/17	6576	149	14577	137882
out/17	5885	122	12548	124674
nov/17	5473	115	11050	116485
dez/17	5698	129	10660	119469
jan/18	5312	145	12101	123001
fev/18	5399	130	9983	122758
mar/18	6037	135	10386	123849
abr/18	6045	125	12661	123592
mai/18	6011	146	13223	124022
jun/18	6162	150	11805	124025
jul/18	6745	167	13475	128422
ago/18	6481	169	11462	130025
set/18	6998	247	14444	135752
out/18	7030	252	13704	136086
nov/18	7005	236	12621	127375
dez/18	8514	206	12543	124545
jan/19	6261	225	10490	134074
fev/19	6739	181	9723	134728
mar/19	6977	188	12870	130596
abr/19	6746	316	10381	128566
mai/19	7953	240	12759	127191
jun/19	6964	280	14051	129619
jul/19	5907	256	11916	126843