



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG**

**TIPOS DE ESTRUTURA URBANA E CONSUMO DE ÁGUA,  
ANÁLISE DA MORFOLOGIA URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO  
FUNDO  
Nº066**

**MARÍLIA SERENA PORTO SOTERO**

**Orientador: Prof. Dr. Henrique Llacer Roig**

**BRASÍLIA, 2014**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS**

**MARÍLIA SERENA PORTO SOTERO**

**TIPOS DE ESTRUTURA URBANA E CONSUMO DE ÁGUA,  
ANÁLISE DA MORFOLOGIA URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIACHO FUNDO**

**Nº066**

**Dissertação apresentada como  
requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em  
Geociências Aplicadas pelo  
Programa de Pós-Graduação  
em Geociências Aplicadas do  
Instituto de Geociências da  
Universidade de Brasília.**

**Orientador: Professor Doutor  
Henrique Llacer Roig**

**Brasília, julho, 2014**

**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**MARÍLIA SERENA PORTO SOTERO**

**TIPOS DE ESTRUTURA URBANA E CONSUMO DE ÁGUA,  
ANÁLISE DA MORFOLOGIA URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIACHO FUNDO**

**Dissertação de mestrado apresentada e defendida em 23 de julho de 2014 como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geociências Aplicadas, outorgado pela Universidade de Brasília.**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. Dr. Henrique L. Roig, IG – UnB  
(Presidente)**

---

**Prof. Dr. Otto Toledo Ribas, FAU – UnB  
(Membro)**

---

**Profa. Dra. Carina Weingaertner Kohlscheen, UNICEUB  
(Membro Externo)**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a empresa Esri por fornecer a licença do *software* ArcGIS;

A minha família, amigos e colegas por todo amor e carinho de sempre;

A equipe da secretaria do IG, especialmente a Stela, querida e gentil;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro mediante da bolsa de estudos concedida;

Agradeço também ao professor Dr. Henrique L. Roig pela orientação, decisiva para o bom andamento e finalização do trabalho;

Da mesma forma, presto meus agradecimentos ao professor Dr. José Eloi Guimarães Campos pelo apoio e ajuda indispensáveis à permanência e conclusão do mestrado;

A toda equipe do laboratório de Sensoriamento Remoto do Instituto de Geociências, especialmente Serjão, Eluzai;

E, com muito carinho, agradeço a todos os colaboradores e colegas do projeto de pesquisa Água-DF que compartilharam comigo suas observações sobre o tema dessa pesquisa;

A todos, meu muito obrigada!

“Como é realmente a cidade sob esse carregado invólucro de símbolos(...)”  
(CALVINO, 1990, p. 18)

## RESUMO

Tipos de Estrutura Urbana (UST) são unidades espaciais mínimas que possuem certa homogeneidade no tipo de cobertura, uso e acesso a ecosserviços. Nesse trabalho o conceito de UST é aplicado a partir da classificação visual manual de fotografias aéreas e análises *in situ*. O objetivo do trabalho foi mapear classes UST na região intraurbana da Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, no Distrito Federal/Brasil, e analisar essa base comparando-a a variáveis socioeconômicas e dados de consumo de água. A análise demonstrou a compatibilidade entre os aspectos morfológicos, funcionais, socioeconômicos e os dados de consumo de água, permitindo considerar que a base UST pode ser usada como um instrumento auxiliar na gestão hídrica urbana. Conclui-se então que a classificação UST dos diversos tipos de elementos morfológicos existentes na área em estudo pode contribuir para a posterior análise geoestatística de dados institucionais.

**Palavras-chave:** Tipos de Estrutura Urbana. UST. Ecosserviços. Consumo de água.

## **ABSTRACT**

Urban Structure Types (UST) are minimum spatial unities a certain homogeneity in the cover type, use and access to eco services. In this study the UST concept is applied from the visual classification of aerial photographs and *in situ* analysis. The analysis showed the compatibility between morphological features, functional, socioeconomics and water consumption data, which allowed to consider that UST base can be used like an auxiliary instrument in the hydric urban management. The conclusion take that the UST classification of the different kinds of urban morphologic in the area of this study can be used to subsidize the posterior geostatistical analysis of institutional data.

**Keywords:** Urban Structure Types. UST. Ecoservice. Water Consumption.

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Área em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo ao longo da série histórica para a unidade hidrográfica do Riacho Fundo - DF.....	18
Tabela 2 - Dados institucionais utilizados neste estudo – formato matricial.....	54
Tabela 3 - Dados institucionais utilizados neste estudo – formato vetorial .....	54
Tabela 4 - Classes UST elaboradas no âmbito do projeto de pesquisa Água-DF.....	55
Tabela 5 - Origem dos parâmetros de classificação .....	57
Tabela 6 - Dados do Censo 2010 na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo .....	63
Tabela 7 - Características da classe RH 1 .....	69
Tabela 8 - Características da classe RH 2 .....	70
Tabela 9 - Características da classe RH 3 .....	71
Tabela 10 - Características da classe RH 4 .....	72
Tabela 11 - Características da classe RH 5 .....	73
Tabela 12 - Características da classe RH 6 .....	74
Tabela 13 - Características da classe RH 7 .....	75
Tabela 14 - Características da classe RB 1 .....	76
Tabela 15 - Características da classe RB 3 .....	77
Tabela 16 - Características da classe C1 .....	78
Tabela 17 - Características da classe C2.....	78
Tabela 18 - Características da classe I1 .....	79
Tabela 19 - Características da classe I2 .....	80
Tabela 20 - Características da classe T .....	81
Tabela 21 - Características da classe RA .....	82
Tabela 22 - Características da classe PB .....	84
Tabela 23 - Características da classe GS .....	85
Tabela 24 - Características da classe DC .....	86
Tabela 25 - Porcentagem de classes no agrupamento HH (1).....	103
Tabela 26 - Porcentagem de classes no agrupamento HH (2).....	103
Tabela 27 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (1).....	104
Tabela 28 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (2).....	105
Tabela 29 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (3).....	105
Tabela 30 - UST por região administrativa .....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Variação da taxa de urbanização para as unidades hidrográficas da Bacia do Lago Paranoá segundo Menezes, Roig <i>et al</i> (2012) .....	19
Figura 2 - Localização da área de estudo .....	20
Figura 3 - Escala de estudo UST .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 4 - Fórmula matemática para análise estatística $G_i^*$ .....	52
Figura 5 - Fórmula matemática do índice local Morans .....	53
Figura 6 - Fluxograma de trabalho .....	55
Figura 7 - Hierarquia das classes na chave de classificação UST da Bacia do Riacho Fundo .....	58
Figura 8- Fluxograma de trabalho para a classificação das UST .....	60
Figura 9 - Etapas do mapeamento das UST .....	61
Figura 10 - Diferença no recorte espacial. Setores censitários do lado esquerdo e UST no lado direito .....	64
Figura 11 - Correlação entre setor censitário e UST .....	65
Figura 12 - Setor censitário com apenas uma classe UST (com domicílio particular) localizado na fronteira da área de estudo .....	66
Figura 13 - Setor censitário com uma classe UST .....	67
Figura 14 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH1 .....	70
Figura 15 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH2 .....	71
Figura 16 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH3 .....	72
Figura 17 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH4 .....	73
Figura 18 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH5 .....	74
Figura 19 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH6 .....	75
Figura 20 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH7 .....	76
Figura 21 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RB 1 .....	76
Figura 22 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RB 3 .....	77
Figura 23 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST C1 .....	78
Figura 24 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST C2 .....	79
Figura 25 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST I1 .....	80

Figura 26 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST I 2 .....	81
Figura 27 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST T .....	82
Figura 28 - Exemplo visual aéreo da classe UST RA.....	83
Figura 29 - Detalhe da UST da classe UST RA .....	83
Figura 30 - Exemplo visual aéreo da classe UST PB.....	84
Figura 31 - Detalhe da UST da classe UST PB.....	85
Figura 32 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST GS.....	86
Figura 33 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST DC.....	86
Figura 34 - Divisão entre área urbana e rural na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo .....	87
Figura 35 - Distribuição das classes UST na área urbana .....	88
Figura 36 - Porcentagem das classes UST na parte urbana da bacia .....	89
Figura 37 - Distribuição da área verde e área degradada na área de estudo .....	90
Figura 38 - Distribuição das classes RH 5, RH 6 e RH 7 na área de estudo .....	91
Figura 39 - Distribuição das classes RB 1 e RB 3 na área de estudo .....	92
Figura 40 - Distribuição das classes RH 1 e RH 2 na área de estudo.....	93
Figura 41 - Distribuição das classes C1, I1 e I2 na área de estudo .....	94
Figura 42 - Distribuição das classes C2, RH 3 e RH 4 na área de estudo .....	95
Figura 43 - Distribuição de áreas de lazer e prédios públicos na área de estudo .....	95
Figura 44 - Consumo médio de água por UST.....	96
Figura 45 - Aplicação do Índice Global de Moran para os dados de água.....	97
Figura 46 – Agrupamento dos valores de consumo de água na área de estudo (área urbana e rural).....	98
Figura 47 - Abastecimento de água por poço artesiano ou nascente em propriedade por setor censitário.....	100
Figura 48 – Média de número de moradores por setor censitário da bacia do Riacho Fundo .....	101
Figura 49 - Distribuição espacial da renda por setor censitário.....	102
Figura 50 - Agrupamento High-High.....	102
Figura 51 - Agrupamento Low-low .....	104
Figura 52 - Tipo de abastecimento de domicílios particulares .....	106
Figura 53 – Variáveis censitárias sobre o tipo de esgotamento .....	107
Figura 54 - Tratamento do lixo .....	107
Figura 55 - Valor do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares.....	108
Figura 56 - Porcentagem de responsáveis alfabetizados em domicílios particulares por UST.....	109
Figura 57 - <i>Hot Spot</i> Renda (lado superior esquerdo); Analfabetismo (lado superior direito) e Consumo de água (embaixo) .....	110

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Adasa	Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
Caesb	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CBH/AM	Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Maranhão
CBH/AP	Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Preto
CBHRP	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá
CLD	Causal Loop Diagram
Cobrape	Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
CRH	Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal
DF	Distrito Federal
Engecorp s	Corpo de Engenheiros Consultores
GEOBIA	Geographic Object-Based Image Analysis
GDF	Governo do Distrito Federal
GIS	Geographic Information Systems
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ibram	Instituto Brasília Ambiental
IUWM	Integration Urban Water Management
LSRAE	Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial
Mars	Multivariate Adaptive Regression Splines
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Novacap	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDU	Plano de Drenagem Urbana
PDDU/DF	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDL	Plano de Desenvolvimento Local do DF
PDOT	Plano de Ordenamento Territorial
PDRS	Plano de Resíduos Sólidos
PGIRH	Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do DF
PPR	Projection Pursuit Regression
RGB	Red, Green, Blue
SAM	Spectral Angle Mapper
Sedhab	Secretaria de Estado de Habitação Regularização e Desenvolvimento Urbano
SEMARH	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMCE	Evaluation Multicriteria Social
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SVR	Support Vector Regression
Terracap	Companhia Imobiliária de Brasília
UnB	Universidade de Brasília
UST	Urban Structure Type
ZEE	Zoneamento Ecológico e Econômico

# SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>13</b>
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Objetivos .....	17
1.3. Área de estudo.....	18
<b>2. Estado da arte.....</b>	<b>21</b>
2.1. Desenvolvimento sustentável e a gestão das cidades .....	21
2.2. Serviços urbanos ecossistêmicos (ecosserviços) .....	23
2.3. Crise hídrica e as dimensões econômica, ambiental e social da água .....	26
2.4. Gestão hídrica urbana.....	29
2.5. Pesquisas em gestão hídrica urbana .....	35
2.6. Morfologia urbana .....	43
2.7. Urban Structure Type .....	44
2.8. Análise espacial .....	50
<b>3. Material e método.....</b>	<b>54</b>
3.1. Desenvolvimento da chave de classificação .....	55
3.2. Mapeamento da UST .....	58
3.3. Análise estatística espacial .....	61
<b>4. Resultado e discussão.....</b>	<b>69</b>
4.1. Classes UST na Bacia do Riacho Fundo .....	69
4.2. Distribuição das classes UST na área de estudo .....	87
4.3. UST e o acesso aos recursos hídricos.....	96
4.4. UST como indicador de vulnerabilidade e parâmetro para análise socioambiental 100	
4.5. Transferência de dados por setor censitário para base UST .....	105
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>112</b>
<b>6. Referências bibliográficas.....</b>	<b>115</b>
<b>7. Anexo: Tabela - UST por Região Administrativa.....</b>	<b>122</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As constantes mudanças na dinâmica espacial, relacionadas à rapidez com que processos, técnicas e informações são geradas, produzem efeitos na vida das populações e na conformação territorial. Tais transformações no espaço geográfico são visíveis no tecido urbano, de forma mais nítida, em decorrência de aspectos conjunturais, como densidade demográfica e distribuição da infraestrutura.

Esse processo de urbanização intenso tem exigido a cada dia maior consumo dos recursos naturais, que vem gerando impactos e quadros de degradação progressivo, muitas vezes incorrigíveis. Por isso, são cada vez mais requisitadas metodologias que possibilitem o estudo e o planejamento espacial mais rápido e eficiente, capazes, portanto, de subsidiar análises ambientais e planejamento sustentável.

Nesse contexto, têm sido estudadas e desenvolvidas diversas técnicas e ferramentas, buscando-se gerar informações cada vez mais precisas acerca do território, com o fim de propiciar soluções exequíveis. As representações computacionais do ambiente urbano introduzem importante contribuição como as apresentadas por Almeida:

“(...) a inserção do universo computacional no estudo e planejamento de cidades trouxe novos paradigmas sobre a forma de entender, pensar e, sobretudo, agir sobre o espaço urbano. A plataforma virtual expande as possibilidades de ação do planejador, pois ele interage com a sociedade, bem como simula, inventa, antevê, imagina e recria o meio urbano em ambiente digital sem as restrições impostas pelas limitações de formas analógicas de abstração. As decisões e intervenções concretas sobre o mundo real são, antes de tudo, tomadas na esfera virtual. O planejador é dotado assim da capacidade de perscrutar e transcender a realidade” (ALMEIDA, CÂMARA e MONTEIRO, 2007, p. 29)

As representações digitais do ambiente urbano permitem extrapolar o processo de aquisição de conhecimentos (ALMEIDA, CÂMARA e MONTEIRO, 2007) e o entendimento de processos ambientais complexos que atualmente são explorados em vários estudos. Exemplificam tais estudos aqueles desenvolvidos na Alemanha (BANZHAF e HÖFER, 2008) e Chile (BANZHAF, HÖFER e ROMERO, 2009), que implementam trabalhos de análise do uso e ocupação do solo, utilizando o conceito de *Urban Structure Types* (UST) (BANZHAF, HÖFER e EBERT, 2009). A UST consiste no fracionamento da área de pesquisa em estruturas mínimas significativas e na identificação dos padrões de reprodução e desenvolvimento dessas estruturas (RAITH, 1998 apud MOON, DOWNES, *et al.*, 2009)

A análise dos tipos de estruturas urbanas tem permitido estabelecer padrões de uso e ocupação do solo e compreender sua correlação com aspectos sociais, ambientais, econômicos, em escala intraurbana (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013). Tais correlações podem ser usadas para melhorar o entendimento da dinâmica urbana possibilitando o planejamento consequente e eficaz que leve em consideração aspectos específicos de cada localidade da cidade. A abordagem UST pode ser usada como base para um sistema de informação e planejamento do ambiente urbano (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009).

Diversas metodologias são usadas para a classificação do espaço urbano em UST, porém as mais utilizadas são as que usam técnicas de aquisição de informações na forma remota, sem o contato direto do pesquisador com a área estudada (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009). São utilizadas fotografias aéreas e imagens de sensores remotos que, ao contrário das pesquisas *in loco*, permitem rapidez na coleta dos dados e ampliação da área de estudo, tornando possível análises multiescalas (nacionais, regionais e locais) e multitemporais. Essas análises remotas são, posteriormente, consorciadas a estudos pontuais de campo e dados bibliográficos da área de interesse, a fim de contrastar os dados por imagens com aqueles coletados *in situ*, permitindo a perspectivação analítica.

Utilizando uma dessas metodologias de classificação – interpretação visual manual de fotografia aérea – este estudo depreende análise socioambiental intraurbana dos diferentes territórios que compõem a cidade a partir da organização do solo urbano em Tipos de Estrutura Urbana consorciadas a dados de consumo de água e socioeconômicos. O objetivo do estudo foi estabelecer parâmetros, perspectivas e prospectivas para o desenvolvimento da área de estudo no que se refere a questão hídrica. Além deste, pretendeu-se testar a UST como indicador de vulnerabilidade e parâmetro para análise socioambiental territorializada.

### **1.1. Justificativa**

A necessidade de planejamento espacial sustentável é latente em todas as cidades hodiernas. No contexto de Brasília essa condição é ainda mais pungente no que se refere ao planejamento do consumo de água, pois atualmente se está no limiar da

relação consumo e produção de água potável (BANZHAF e HESE, 2010; LIMA, 2001; BEEKMAN, 1999).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU) a taxa de crescimento urbano está diminuindo em Brasília, de 13,47% no período de 1950 a 1955, a taxa de crescimento será de 0,51% no período de 2020 a 2025 (UNITED NATIONS, 2008). Porém, ainda assim, a população estimada para o ano 2025 será de 4,5 milhões habitantes (UNITED NATIONS, 2008).

A expansão da cidade é incitada por projetos do Governo Federal em parceria com o Governo do Distrito Federal (GDF), caso da criação de vários novos polos de moradia na região de São Sebastião no âmbito do programa habitacional Minha Casa Minha Vida. Com esses novos empreendimentos, o consumo de água irá superar consideravelmente as taxas de disponibilidade hídrica e, assim, intensificar o estresse hídrico na região.

A médio prazo, essa urbanização intensa tende a causar impacto significativo na qualidade de vida da população especialmente no que se refere a disponibilidade de água. O Distrito Federal (DF) é considerado a terceira unidade federativa brasileira com a pior situação quanto à disponibilidade de recurso hídrico por habitante, atrás apenas de Pernambuco, em primeiro lugar, e Paraíba, em segundo, (LIMA, 2001). A disponibilidade hídrica no DF em 1999 era de 1.537m<sup>3</sup>/hab.ano enquadrada como estresse hídrico periódico e regular de acordo com os patamares específicos de estresse hídrico (BEEKMAN, 1999).

“O conceito de estresse hídrico está baseado nas necessidades mínimas de água *per capita*, para manter uma qualidade de vida adequada (...) A definição baseia-se no pressuposto de que 100 litros diários representam o requisito mínimo (36,5 m<sup>3</sup> por ano) para as necessidades domésticas e manutenção de um nível adequado de saúde. ”. (BEEKMAN, 1999, p. 8)

A fim de responder a esse problema que rapidamente se avizinha, novas estratégias vêm sendo pesquisadas, como a utilização da água do Lago Paranoá para abastecimento e implantação do Sistema Produtor Corumbá IV (ADASA). Entretanto, persiste a importância de investir em preservação, planejamento e uso consciente dos recursos naturais, tanto para prevenir o agravamento da situação presente quanto para evitar novas formas de degradação ambiental.

Por conseguinte, é essencial entender a dinâmica de uso e ocupação do solo e sua influência sobre o ciclo hidrológico, o que permitirá avaliar as consequências nas taxas de produção e distribuição de água potável em Brasília. É importante também, ter um diagnóstico intraurbano que considere as diferenças de acesso a infraestrutura, renda, recursos naturais e qualidade de vida entre as localidades que compõem a cidade a fim de possibilitar o desenvolvimento equitativo.

Um diagnóstico intraurbano requer uma reorganização a representação do espaço e serviços urbanos sob a ótica ecossistêmica, que possibilitará investigar prioridades “locais” na cidade, que deverão constituir o alvo de futuras intervenções (ALMEIDA, CÂMARA e MONTEIRO, 2007).

Assim, a hipótese de trabalho foi investigar a existência de padrão na relação consumo de água e diferentes tipos de estrutura urbana. Exemplificam isso, tanto as unidades compostas por moradias unifamiliares, com jardim e piscina, quanto construções multifamiliares, horizontais ou verticais, que possuem consumo de água e aspectos socioeconômicos específicos, que possibilitam seu estudo e distinção dos diferentes tipos de estrutura urbana. Sendo assim, a identificação de UST permite a avaliação de tipos de estrutura urbana e a construção de cenários para o desenvolvimento de planos mais assertivo para as cidades.

A Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo foi escolhida para realização desse trabalho por ser uma área em intenso processo de urbanização e que apresentar uma grande diversidade do tecido urbano. A expansão urbana está ocorrendo inclusive em áreas anteriormente utilizadas para a agricultura, diminuindo a permeabilidade do solo e, assim, agravando a pressão sobre os recursos hídricos (BANZHAF e HESE, 2010).

Ademais, essa bacia é um recorte espacial muito heterogêneo, constituído por uma variedade de tipos de construção, usos e características socioeconômicas. Possui num mesmo recorte construções de altíssimo padrão, casas grandes em terrenos de 1.000 a 2.000m<sup>2</sup> com grandes quintais, piscina, e, as vezes, até mesmo quadra de esporte, mas também é composta por assentamentos de lotes bem pequenos, menores que 150m<sup>2</sup>, densamente ocupados. Segundo estimativas, a renda média mensal por domicílio varia de 2,32 salários mínimos na Estrutural até 34,77 salários mínimos no Lago Sul (DISTRITO FEDERAL, 2013, p. 50; BANZHAF e HESE, 2010).

“(...) bacia hidrográfica extremamente diferenciada quanto a socioeconomia, guardando pouca ou nenhuma semelhança com as outras bacias. Elevadíssima densidade populacional, com uma das maiores rendas *per capita* de todo o país, assim como um nível educacional médio não igualado por qualquer outra unidade da federação (...)” (DISTRITO FEDERAL, 2012, p. 191).

A média de renda discrepante reflete diferenças na qualidade de vida, a possibilidade de achar emprego perto da moradia, existência de áreas de lazer, infraestrutura, segurança. Essa colcha de retalhos estrutural e socioeconômica, constituída desses mais diversos territórios, possibilita a identificação de grande variedade de elementos morfológicos urbanos. Essa variedade é fator essencial para análise da viabilidade do uso do conceito UST como indicador de vulnerabilidade territorial para gestão intraurbana.

A intensa intervenção antrópica que tem influenciado sobremaneira o balanço hídrico na unidade hidrográfica, agrava o assoreamento do Lago Paranoá e gera impactos na qualidade e quantidade de água disponível na região. As alterações na dinâmica natural da área de estudo são causadas, principalmente, pelo aumento das condições de escoamento superficial que desencadeiam os processos de erosão dos solos e transporte de sedimentos (MENEZES, ROIG, *et al.*, 2012).

## 1.2. Objetivos

Levando-se em consideração que a produção espacial, sua dinâmica e funcionamento são expressos estruturalmente no tecido urbano, muitas vezes reproduzidos de forma padronizada, o objetivo desse trabalho é identificar a existência de indicador territorial que represente os modos de uso e ocupação espacial específicos - UST, correlacionadas às características socioeconômicas e de consumo de água.

Objetivo:

- Mapear as principais estruturas que compõe a trama urbana - UST;
- Verificar a existência de correlação entre UST e padrões de consumo de água e dados socioeconômicos.

Espera-se com este trabalho corroborar estudos sobre o impacto da urbanização no ciclo hidrológico da área. Além disso, fornecer subsídios para desenvolvimento de um

sistema de monitoramento do crescimento urbano e avaliação do crescimento da demanda de água a ele associado.

### 1.3. Área de estudo

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, com 228,32km<sup>2</sup>, localizada na Unidade Hidrográfica do Lago Paranoá (Figura 2). Como uma das cinco unidades hidrográficas que compõem a Bacia do Rio Paranoá, esta sub-bacia corresponde à aproximadamente 22% da área total sendo uma das mais urbanizadas. A área localiza-se na Região Centro-Oeste inserindo-se integralmente no Distrito Federal, entre latitude 15°30' - 16°03' Sul e longitude 47°25' - 48°12' Oeste.

Em 1954, a bacia era coberta essencialmente por cerrado, campo e mata de galeria (MENEZES, 2010), a ocupação deu-se efetivamente após a inauguração de Brasília, em 1960. A urbanização foi aumentando paulatinamente no decorrer dos anos devido ao estabelecimento e crescimento demográfico da própria capital federal e ao incentivo público a migração e ocupação da região. A partir da década de 1990, ocorreu uma intensificação nesse processo de urbanização da Bacia do Riacho Fundo, atingido a taxa de ocupação urbana 22,8% em 1994 e 56,2% em 2009 (MENEZES, ROIG, *et al.*, 2012) como pode ser observado na Tabela 1 e Figura 1 (MENEZES, ROIG, *et al.*, 2012).

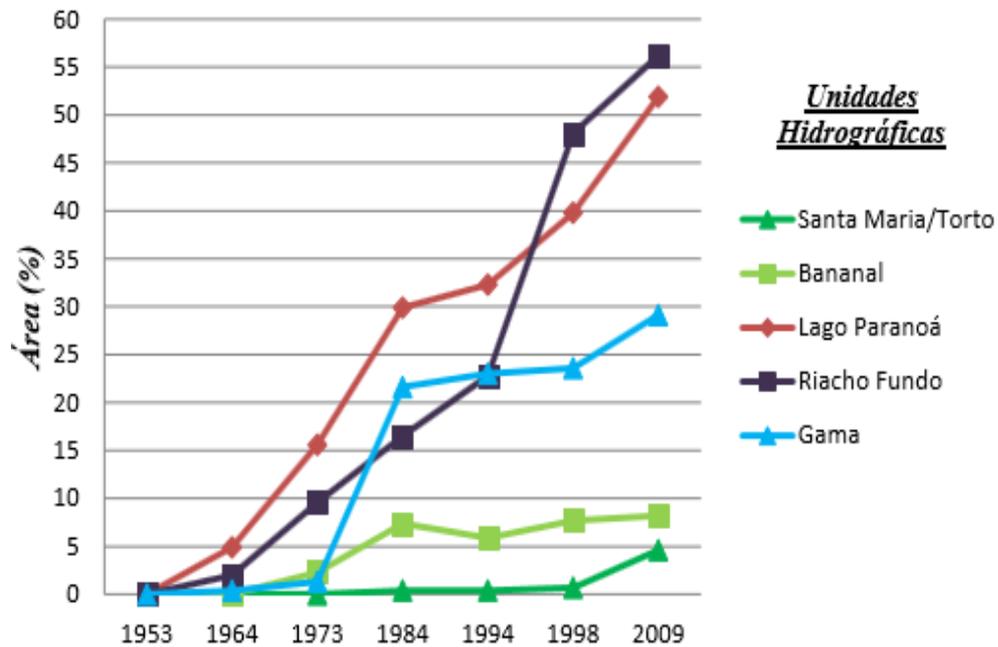
**Tabela 1 - Área em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo ao longo da série histórica para a unidade hidrográfica do Riacho Fundo - DF**

Classe	1954	1964	1973	1984	1994	1998	2009
Cerrado	37,0	32,9	29,8	25,9	11,1	3,8	4,7
Campo	46,6	51,6	46,4	28,4	19,9	15,4	9,7
Mata de Galeria	16,4	11,5	10,6	10,9	12,1	9,3	7,9
Corpos d'água	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Agricultura	0,0	0,3	1,8	2,4	29,7	22,2	20,5
Solo exposto	0,0	1,7	1,8	12,2	1,7	1,2	0,9
Reflorestamento	0,0	0,0	0,0	3,6	2,6	0,0	0,2
Área urbana	0,0	2,0	9,6	16,5	22,8	48,1	56,2

**Fonte: Menezes, Roig *et al.*, (2012)**

As unidades hidrográficas do Lago Paranoá e Riacho Fundo apresentam as maiores taxas de substituição da cobertura natural por áreas urbanas da Bacia do Paranoá (MENEZES, ROIG, *et al.*, 2012). Em 2009, essa unidade possuía 122,4 km<sup>2</sup> de área urbana (56,2%) e 44,6 km<sup>2</sup> de área destinada à agricultura, representando o

equivalente a 20,4% da área total (MENEZES, ROIG, *et al.*, 2012). Ou seja, “Aproximadamente 87% dessa unidade hidrográfica vem sendo ocupada com uso intenso do solo, seja por áreas urbanas já consolidadas, seja por uso agrícola” (MENEZES, 2010, p. 40). O adensamento populacional e as áreas de agricultura são apontados como os principais fatores que contribuem para a escassez de água no Distrito Federal (BANZHAF e HESE, 2010).



**Figura 1 - Variação da taxa de urbanização para as unidades hidrográficas da Bacia do Lago Paranoá segundo Menezes, Roig *et al* (2012)**

Sob o ponto de vista político-administrativo a área distribui-se pelas seguintes Regiões Administrativas (RA): Riacho Fundo (RA XVII) e Candangolândia (RA XIX) que estão completamente inseridas na unidade hidrográfica. As RA de Taguatinga (RA III), Núcleo Bandeirante (RA I) e Guará (RA X), estão apenas parcialmente inseridas que possuem de 40 a 80% da sua área total dentro da unidade hidrográfica. Além dessas, pequenos fragmentos de Samambaia (RA XII), Recanto das Emas (RA XV), Gama (RA II), Lago Sul (RA XVI) e Brasília (RA I) (Figura 3) também compõem a área.

Taguatinga é a região administrativa que ocupa a maior área na bacia com 29,66% da área, seguida pelo Riacho Fundo 25,71%, Guará 19% e Núcleo Bandeirante, ocupando 15,87% da bacia. As demais RA possuem área muito pequena Candangolândia 3%, Brasília 2,67%, Lago Sul 1,28%, Recanto das Emas 1,23%,

Samambaia 0,97% e, por último, Gama com apenas 0,52% de sua área dentro da bacia.

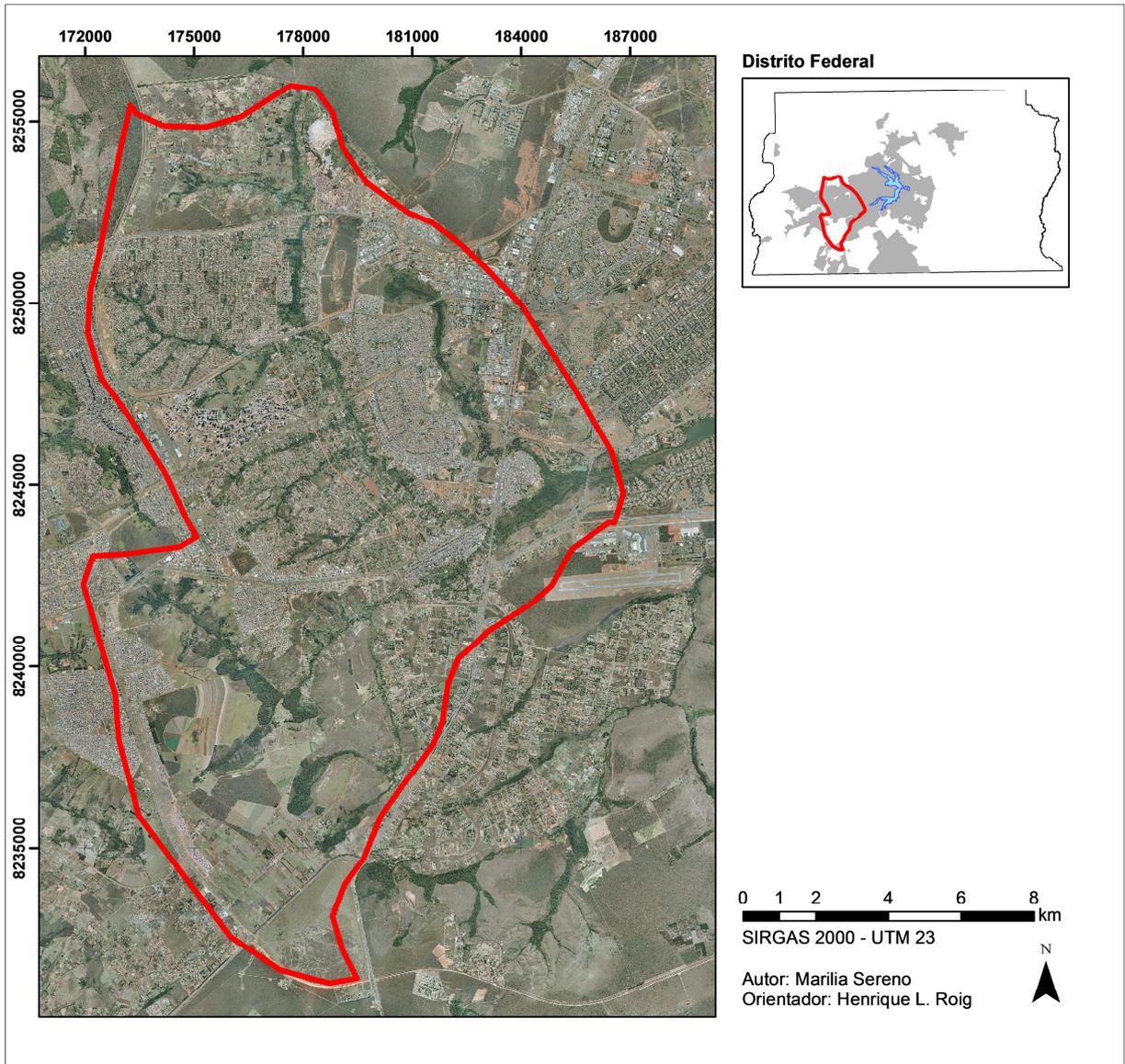


Figura 2 - Localização da área de estudo

## 2. ESTADO DA ARTE

Nesse capítulo serão apresentadas questões fundamentais relativas à gestão do espaço urbano. De início, serão abordados aspectos gerais sobre a gestão das cidades, a necessidade de entender o sistema urbano de forma holística com vistas ao desenvolvimento sustentável e o conceito de serviços urbanos fornecidos pelos ecossistemas. Depois, será exposto de maneira breve o conceito de gestão hídrica urbana, seu significado e evolução no Brasil, bem como, uma visão geral da estrutura regulamentar e institucional que rege o setor de abastecimento de água no Distrito Federal.

Serão discutidos estudos de caso recentes, que propõem técnicas para aumentar o arcabouço de instrumentos que possibilitem o desenvolvimento de uma gestão sustentável na cidade, principalmente no que concerne aos recursos hídricos. Finalmente, serão apresentados os conceitos de morfologia urbana, UST, e uma sucinta discussão sobre análise espacial e as ferramentas de estatística espacial usadas nesse trabalho.

### 2.1. Desenvolvimento sustentável e a gestão das cidades

O debate sobre a possibilidade de esgotamento das fontes de riqueza naturais do planeta e sua degradação, decorrente do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico, emergiu no cenário internacional a partir da década de 1970. Nessa época, foi elaborado por um grupo de especialistas o *Relatório Meadows*, também conhecido como *Relatório do Clube de Roma*, considerado um marco nos avanços conceituais do ambientalismo contemporâneo (BECKER, 2010).

Quase duas décadas depois, em 1987 foi utilizado pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável no *Relatório Brundtland* (Nosso Futuro Comum), documento elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (TEIXEIRA, TOLEDO, *et al.*, 2000). Uma das principais contribuições desse Relatório foi a ligação entre conhecimentos da ecologia, desenvolvimento sustentável e satisfação das necessidades humanas básicas (THORÉN, 2000).

A Comissão Brundtland formulou a necessidade da participação ativa de todos os setores da sociedade no planejamento futuro das cidades para alcançar o desenvolvimento sustentável (DECKER, HÉCIMOVIĆ e WOLEK, 2012). Ao conceito de sustentabilidade, que tem origem na ecologia e significa as condições essenciais para um ecossistema sobreviver a longo prazo (THORÉN, 2000), foram adicionados aspectos antropogênicos (WEINGAERTNER, 2010). No Relatório Brundtland:

“(...) foi introduzido o conceito de desenvolvimento sustentável, que preconiza um sistema de desenvolvimento socioeconômico com justiça social e em harmonia com os sistemas de suporte da vida na Terra. Portanto, passa-se a reconhecer a necessidade da manutenção do equilíbrio ambiental e do alcance de justiça social”. (TEIXEIRA, TOLEDO, *et al.*, 2000, p. 522).

Entretanto somente há poucos anos que as dimensões econômica e social passaram a ser realmente consideradas nos estudos sobre desenvolvimento sustentável (WEINGAERTNER, 2010). As teorias tradicionais sobre a gestão urbana têm como foco a investigação sobre a forma como as cidades crescem e se desenvolvem a partir da interação entre aumento da população, atividades econômicas e infraestrutura. Essa interação é entendida sob um viés econômico, buscando entender o que essas interações poderiam proporcionar para a economia (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010).

Com o rápido crescimento das cidades e a conseqüente degradação dos recursos naturais os gestores públicos e organismos internacionais têm aumentado a demanda por pesquisas transdisciplinares que permitam entender os riscos, para que se possam estabelecer planos e projetos de gerenciamento e ocupação das cidades.

Os estudos sobre as diversas questões ambientais, sociais e econômicas das cidades estão sendo realizados em larga escala, porém na sua maioria focam em aspectos individuais. Na gestão hídrica urbana, por exemplo, a maioria dos estudos concentra-se apenas nos aspectos físicos (BEEKMAN, 1999).

Atualmente, no entanto, tem se percebido a indissociabilidade desses aspectos, o que tem provocado o início de uma abordagem ecossistêmica e integrada do espaço geográfico nos estudos de gestão urbana. Sachs (2007) argumenta que a busca por uma perspectiva mais integrada correlaciona uma gama extensa de fatores que, aqui, são tomados também como elementos indispensáveis à concepção de um sistema urbano sustentável. Segundo o autor, o perfil energético sóbrio que se busca alcançar nesta perspectiva:

“(…) remete a questões como estilo de vida, padrões de consumo, organização do espaço e do aparelho produtivo, reestruturação dos espaços urbanos, seletividade nas relações comerciais, durabilidade dos produtos (na contramão da civilização atual do efêmero) e melhor manutenção do patrimônio das infraestruturas, edificações dos equipamentos e veículos para reduzir a demanda por capital de reposição.” (SACHS, 2007, p. 5).

A partir dessa nova perspectiva e forma de entender o espaço urbano como a: “convalescência e simbiótica interação entre infraestruturas, pessoas e atividades econômicas” (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010, p. 14) que os métodos de análise urbana vêm se desenvolvendo. Entender esses ecossistemas dinâmicos requer o uso de vários métodos de análise (YLI-PELKONEN, 2006) e ainda de informações funcionais, morfológicas e socioeconômicas dos vários elementos constituintes do espaço urbano (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013).

## **2.2. Serviços urbanos ecossistêmicos (ecosserviços)**

A redução da temperatura, melhoria na qualidade do ar, abastecimento com água potável, são serviços ambientais que quase nunca são valorados em uma análise urbana. Definidos como benefícios à população humana derivados de ecossistemas (YLI-PELKONEN, 2006), são conhecidos hoje como serviços ecossistêmicos (JIANGUO WU, 2013), ecosserviços, serviços ambientais.

Normalmente os estudos sobre ecologia urbana apontam o processo de urbanização como necessariamente associado à impermeabilização desnecessária do solo, contaminação dos corpos de água, desmatamento e, conseqüentemente, como o principal fator para a restrição no acesso aos serviços providos pelos ecossistemas naturais, causador da mudança na qualidade de vida das populações, estresse hídrico, ilhas de calor.

No entanto, MaGrananham e Marotullio (2005) têm indicado que "A urbanização não é em si inerentemente ruim para os ecossistemas naturais" (MCGRANAHAN e MARCOTULLIO, 2005, p. 797) . Isso pode ser confirmado pelo fato de que: “Muitos ecossistemas em áreas urbanas e próximos a áreas urbanas possuem maior biodiversidade que áreas com monoculturas e podem prover comida, água, conforto(…)” (MCGRANAHAN e MARCOTULLIO, 2005, p. 797).

Os autores ressaltam que, apesar do sistema urbano ser o local onde os serviços ecossistêmicos são mais consumidos, a qualidade e acesso a eles vai depender

principalmente do planejamento da morfologia urbana ou seja, do tipo de tecido urbano ou UST e sua organização. Isso se deve ao fato de que o sistema urbano não é constituído apenas por assentamentos urbanos e pessoas, mas também por uma grande variedade de tipos habitats e espécies não humanas (MCGRANAHAN e MARCOTULLIO, 2005) e depende da interação e organização adequada de todos esses elementos para ser sustentável.

Os benefícios dos ecosserviços podem ser divididos em quatro categorias: serviços de suporte, referente ao ciclo de nutrientes, formação do solo, produção primária; abastecimento, comida, água fresca, madeira, combustível; regulação, climática, de inundação, de doenças, purificação da água e; cultural, estético, espiritual, educacional, recreação (UNU-IHDP, 2014).

O potencial na melhoria do bem-estar e saúde das populações humanas promovido por esses serviços ambientais é enorme. Alguns desses benefícios são o conforto térmico, filtragem e purificar o ar, regulação do microclima, drenagem da água, recreação, valores culturais (YLI-PELKONEN, 2006), segurança de acesso a recursos, prevenção de desastres, insumo para construção de moradias (UNU-IHDP, 2014).

Estudos mostram que a localização da moradia na cidade, tipo de construção predominante, características socioeconômicas, proximidade das infraestruturas são fatores que podem aumentar ou diminuir a vulnerabilidade dos habitantes e a qualidade dos serviços ecossistêmicos urbanos (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009). Existe variação no grau de vulnerabilidade dos habitantes em uma escala intraurbana e não apenas entre regiões ou municípios como geralmente se depreende de indicadores institucionais.

Os ecosserviços não só melhoram o bem-estar e a qualidade da vida humana como são fatores *sine qua non* à manutenção da vida. Por isso, discussões acerca de estratégias para manter e restaurar os serviços ambientais e como quantificar e espacializar esses serviços são foco nos estudos voltados ao desenvolvimento sustentável urbano. A espacialização dos serviços ecológicos e o acesso da população a eles fornece um panorama sobre a vulnerabilidade de populações e

qualidade de vida em uma escala intraurbana e quadros de degradação da fonte desses recursos em uma escala local, regional e global.

Assim, na busca para integrar o planejamento local e regional, esses estudos fornecem aos gestores públicos subsídios para promover a equidade no acesso aos serviços ambientais e a melhoria da qualidade de vida de forma mais homogênea. Optar por estratégias que não reduzam os potenciais dos serviços ambientais urbanos, evitem a impermeabilização desnecessária, a retirada da área verde, contaminação e assoreamento dos corpos hídricos, são alguns dos objetivos na manutenção desses serviços para o crescimento urbano inteligente. Este conceito - crescimento urbano inteligente – define-se como o conjunto de estratégias focadas na sustentabilidade em diferentes cenários econômicos (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010).

O crescimento urbano disperso desorganizado e insustentável, associado a ocupação territorial com a degradação do meio ambiente tem se tornado uma das maiores tendências do crescimento urbano contemporâneo dos países em desenvolvimento (MANCINI, 2008). Esse processo de desconcentração de população ocorreu primeiro em cidades americanas e agora é reproduzido em cidades europeias (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010). Entretanto, essa expansão contrária aos centros urbanos pode ser associada também, especialmente nos países desenvolvidos, ao desejo de estar perto da cidade e usufruir de sua infraestrutura, mas com a possibilidade de viver em espaços maiores, com área verde, local com menos ruído e poluição e mais tranquilidade do que os centros urbanos viabilizam.

Isso se deve também ao alto custo dos imóveis nos grandes centros e à especulação imobiliária que leva a que se construam espaços cada vez menores. A nova tendência de expansão e espalhamento suburbano é entendida como nova manifestação física do crescimento urbano em cidades norte americanas e europeias (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010), acompanhada de um aporte de planejamento e infraestrutura.

Entretanto, nos países em desenvolvimento, essa suburbanização é geralmente associada à pobreza, são as periferias, favelas (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010), que, na maior parte dos casos, são desassistidas pelo Estado. As expansões são vistas como localidades com menos infraestrutura ou economicamente ineficientes, alternativas para quem não pode pagar para viver no compacto desenvolvimento

urbano (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010), perto de onde existe infraestruturas, escolas, trabalhos.

Em Brasília, nos últimos anos, começou-se um processo de expansão e verticalização de periferias, sendo na sua maioria constituídas por loteamentos clandestinos de baixa e média renda. Entretanto, na contramão a essa ideia marginalizada de suburbanização, existem os condomínios fechados, ilhas que proporcionam estruturas de luxo em meio a áreas com pouca infraestrutura. O que se percebe nessas situações é que o comércio imobiliário toma a frente e proporciona infraestrutura “mínima” e “segura” para atrair aqueles que não podem pagar o preço exorbitante para viver no centro, mas que, por outro lado, não se identificam cultural e economicamente com os moradores de áreas suburbanas.

### **2.3. Crise hídrica e as dimensões econômica, ambiental e social da água**

Entre os diversos problemas ambientais urbanos a questão hídrica é cada vez mais discutida devido à importância vital desse recurso para a humanidade. O aumento do consumo de água duas vezes maior que o crescimento demográfico e o fato de um terço da população mundial viver em situação de médio a alto estresse hídrico (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001) corroboram a ideia de que estamos vivendo uma crise hídrica iminente.

Essa crise é intensificada pelo aumento populacional e a má gestão e poluição dos corpos hídricos. No Brasil “a população que reside nas cidades passou de 45% em 1960 para 75% em 1990 e mais de 80% em 2000” (ROSS, 2008, p. 216). Nos grandes centros urbanos a pressão sobre os recursos hídricos locais é evidenciada pela “necessidade de se buscarem mananciais cada vez mais distantes e os investimentos em obras de regularização (...) [É o caso] de São Paulo, Curitiba, Goiânia, Distrito Federal e Fortaleza” (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2010, p. 67).

O conceito de “*peak water*” tem sido usado para designar a relação entre disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Esse termo sugere que, embora renovável, a água pode tornar-se recurso limitado, especialmente nas escalas regionais e locais onde a água disponível para o consumo pode ser insuficiente se a demanda exceder a disponibilidade ou se a água disponível estiver poluída

(DOMÈNECH, MARCH e SAURÍ, 2013). Essa preocupação motivou a realização de diversas conferências e elaboração de documentos internacionais importantes, dentre eles a *Declaração de Dublin*, Declaração do Dia Mundial da Água, entre outros.

A Congresso Internacional sobre Água e Meio Ambiente realizada em 1992 deu origem a *Declaração de Dublin*, que tem entre seus princípios básicos: o entendimento da água como recurso finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente; reconhecimento do valor econômico da água em todos os seus usos concorrentes e; reconhecimento da água como bem econômico (BEEKMAN, 1999). Esses princípios estrearam uma nova ótica para administração hídrica internacional e foram incorporados na legislação ambiental dos países signatários.

O Dia Mundial da Água, comemorado anualmente em 22 de março, foi criado pela ONU em 1992 e é um marco do reconhecimento internacional da importância da manutenção e proteção da água. Nesse mesmo ano, foi assinada na Finlândia a *Convenção para a Proteção e Utilização dos Cursos de Água Transfronteiriços e dos Lagos Internacionais*, que trata da prevenção, controle e redução do impacto sobre os recursos hídricos entre fronteiras (MACHADO, 2012).

No Brasil, a questão hídrica foi por muitas décadas entendida de forma isolada, focada apenas no aproveitamento do potencial hidroelétrico (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001). Entretanto, aos poucos vêm sendo reconhecidas outras perspectivas, que envolvem a disponibilidade e consumo da água, tais como dimensões sociais, culturais, sanitária.

Esse enfoque mais amplo da questão tem contribuído para a construção de planos territoriais mais integrados e completos, que fornecem representação mais fidedigna da paisagem. Sendo a paisagem integrada de aspectos físicos e sociais só pode ser compreendida enquanto síntese desses múltiplos enfoques e vertentes de estudo (GUERRA e MARÇAL, 2012).

A gestão hídrica relaciona-se às questões sociais porque, em grande medida, se trata do consumo humano, do abastecimento de cidades e populações. Por isso, os aspectos sociais devem ser levados em conta no processo de planejamento e gestão aquífera para evitar desigualdades no acesso a esse recurso e contornar situações

extremamente adversas, como as que ocorrem em várias cidades da Índia em que “(...) o consumo *per capita* de água varia de 16 – 300 l/dia dependendo da localização e das condições econômicas das pessoas.” (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009, p. 403).

As dimensões cultural e religiosa também influenciam na questão hídrica, pois implicam em diferentes hábitos, crenças e costumes que refletem a forma como as sociedades lidam com a questão ambiental. Cultura e religião influenciam diretamente no tipo e quantidade de consumo de produtos e recursos naturais bem como na produção e tratamento do lixo.

O Rio Ganges, apesar do estágio avançado de poluição, decorrente da emissão de esgoto e dejetos industriais ao longo de quase toda sua extensão, continua sendo cenário do maior ritual religioso do mundo, o Khumba Mela. Durante 55 dias, a cada três anos, milhões de fiéis se banham e bebem essas águas a fim de alcançar a purificação e se libertar do ciclo das reencarnações.

No entanto, mesmo tendo tanta importância religiosa para os hindus a poluição por detritos industriais, esgoto urbano, pesticidas e cadáveres no Ganges não foi evitada. A continuação desse ritual religioso chama a atenção para o fato da sobreposição das crenças sobre aspectos ambientais e de saúde, evidenciando a importância de considerar fatores sociais e culturais nas políticas de gestão hídrica.

Nesse sentido é fundamental sublinhar que ainda que a água seja atualmente considerada um bem de valor econômico e, conseqüentemente, possuir dimensão financeira que deve ser sopesada no processo de gestão hídrica, essa dimensão deve ser integrada às demais para evitar a aplicação de instrumentos econômicos reducionistas, que podem transformar a água em mercadoria ao invés de bem de uso comum. Dada sua importância vital para a sobrevivência das populações em todo mundo as Nações Unidas reconheceram em 2010 o acesso à água potável como direito humano fundamental (UNITED NATIONS, 2010).

A percepção da água a partir desta perspectiva ampliada afeta também sua conotação na dimensão econômica, que passa a ir além das considerações acerca de seu potencial energético, abarcando custos para conservação e recuperação de corpos d'água, obras de infraestrutura do sistema de abastecimento e esgoto bem como

aspectos de saúde. Sob o viés econômico a inserção da perspectiva da saúde pode ser percebida pelo fato de “doenças transmitidas pela água também infligem significativa carga econômica devido ao aumento de custos com saúde nacional.” (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009, p. 402).

Disso se depreende que, cada vez mais, o uso e gestão dos recursos hídricos demandam ser concebidos de maneira holística – ecossistêmica – levando em conta as populações que os consomem e os usos que deles se faz nas diferentes sociedades e culturas. A otimização de seu gerenciamento precisa considerar, portanto, que “as dimensões econômica, social, religiosa, cultural e ambiental do uso da água devem ser reconhecidas e tratadas como sendo interdependentes” (GDF; ADASA; ECOPLAN, 2012, p. 168).

#### **2.4. Gestão hídrica urbana**

A gestão hídrica urbana envolve as ações de planejamento, desenvolvimento, distribuição e otimização dos recursos. Inclui as atividades dos sistemas de água para consumo residencial e industrial; esgoto sanitário; monitoramento da quantidade e qualidade da água disponível; outorga e licenciamento do uso das águas; elaboração de planos regionais e locais; prevenção das enchentes; cobrança pelo uso do recurso; sistematização e produção de informações; normatização; conservação e proteção dos rios e bacias hidrográficas. A gestão hídrica deve objetivar a promoção do uso múltiplo e democrático da água e manutenção da disponibilidade desse recurso para a presente e as futuras gerações (MACHADO, 2012), obedecendo critérios econômicos, sociais e ambientais (BEEKMAN, 1999).

Beekman divide a gestão hídrica em dois componentes que devem integrar o planejamento: a gestão da oferta e a gestão da demanda. A primeira, é focada nas atividades que envolvem “localização, desenvolvimento, exploração e administração dos novos mananciais e dos já existentes” (BEEKMAN, 1999, p. 15). A segunda, “enfoca os mecanismos de incentivo para fomentar a utilização racional e eficiente dos recursos hídricos” (BEEKMAN, 1999, p. 15). Além disso, é imprescindível que a gestão hídrica considere simultaneamente a qualidade e quantidade de água: “(...) todos os usos da água requerem que sua qualidade esteja dentro de limites

predeterminados para os usos específicos. Portanto, o binômio quantidade/qualidade é indissociável.” (BEEKMAN, 1999, p. 12).

Neste momento em que a água contaminada e a falta de saneamento básico estão entre as “principais causas de doenças do mundo” (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009, p. 402) e no qual “mais de 1 bilhão de pessoas não tem acesso a fontes melhoradas de água, e mais de 2,6 bilhões de pessoas carecem de acesso a serviços sanitários básicos” (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009, p. 403) surge a necessidade de alcançar eficiência na gestão hídrica.

## **2.5. Gestão hídrica urbana no Brasil**

No Brasil, a gestão das águas foi administrada por muito tempo como processo em compartimentos estanques, com o abastecimento de água desconectado do sistema de esgoto sanitário, por exemplo (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001). O que tem se buscado na atualidade é a gestão integrada, que significa pensar em conjunto nos múltiplos usos da água (MACHADO, 2012). Beekman, define um sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos como:

“(…) um processo dinâmico, ambientalmente sustentável, que, baseado numa adequada administração da oferta das águas, organiza e compatibiliza os diversos usos setoriais dos recursos hídricos, objetivando uma operação harmônica e integrada dos projetos de engenharia associados.” (BEEKMAN, 1999, p. 19).

A Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) alterou significativamente a base jurídico-institucional da gestão hídrica do país. A Carta Magna inseriu a previsão do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a extinção do domínio privado da água que, até então, era permitido pelo Código das Águas em vigor (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001).

A ideia de gestão descentralizada e participativa, vinculada à questão hídrica, ganhou força e foi impulsionada a partir da *Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento*, a Rio-92, evento que reuniu representantes de 178 países e, no Brasil, estimulou o aprimoramento do arcabouço jurídico e institucional na questão hídrica (MMA e SRH, 2004).

A preocupação com o uso da água, instilada no país a partir da Rio-92, consolidou-se na Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Também chamada Lei das Águas, esse dispositivo foi sancionado após amplo e longo processo de discussão que contou com significativa participação da sociedade (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001). A referida lei inaugura uma nova dinâmica na gestão hídrica brasileira interrompendo um passado de centralização e hegemonia, focado no setor hidrelétrico.

O aspecto mais relevante dessa lei é a definição de bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão hídrica, ou seja, “a implementação da política nacional e estadual dos recursos hídricos não será embasada nos limites da União ou dos Estados, a aplicação do quadro normativo hídrico terá como unidade territorial a ‘bacia hidrográfica’” (MACHADO, 2012, p. 511).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade mínima de planejamento já existia na Lei de Política Agrícola, Lei 8.171/1991 (BRASIL, 1991) que definia a bacia hidrográfica como unidade básica do planejamento de uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais. Porém, a partir da Lei das Águas essa unidade de planejamento se torna parte fundamental da nova administração hídrica nacional.

“(...) a bacia hidrográfica representa a unidade territorial de planejamento, onde deverão ser levados em consideração, entre outros, a demanda e a disponibilidade de água; a quantidade e sua qualidade; sua distribuição no tempo e no espaço; sua relação com o meio físico (geomorfologia, relevo, fisiografia, aquíferos e solos) com o meio biológico (biota e bioma); a ocupação e o uso antrópico do solo; a respectiva definição de critérios para o zoneamento; o disciplinamento da ocupação dos espaços geográficos; e a exploração racional e sustentável dos recursos naturais.” (BEEKMAN, 1999, p. 15)

A gestão de recursos hídricos brasileira é dividida em doze Regiões Hidrográficas, formadas por inúmeras unidades, com delimitação física definida naturalmente pelos divisores topográficos de água. Os instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos têm aplicação no âmbito das bacias hidrográficas com base nessas delimitações naturais, o que tende a dificultar as decisões intermunicipais e estaduais. Já o setor de saneamento atua ao nível do município ou de conjuntos de municípios (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2010):

“No quadro institucional brasileiro, a questão de recursos hídricos é complexa, por estar caracterizada pela presença de grande número de agências governamentais com atribuições legais bem definidas, em vários

níveis, que atuam, de alguma maneira. Na gestão e no uso da água para diversas finalidades – geração de energia, abastecimento público e industrial, irrigação, navegação, pesca e piscicultura, diluição e transporte de águas residuárias urbanas e industriais, controle de enchentes e de poluição, turismo, etc.” (BEEKMAN, 1999, p. 11)

Outra inovação trazida por esse dispositivo foi a introdução da gestão participativa do bem público água compreendendo “usuários, planejadores e tomadores de decisões políticas, em todos os níveis” (BEEKMAN, 1999, p. 10). A gestão participativa se configura pela representação dos usuários, organizações civis e poder público nos órgãos de gestão dos recursos hídricos, tais como: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os comitês de bacia e o Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal.

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, 13,8% do deflúvio médio mundial (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001). Apesar disso, existe grande desigualdade na distribuição desse recurso entre as regiões do país devido a diversidade climática e geográfica (BEEKMAN, 1999), acentuada pela concentração populacional nas áreas onde a disponibilidade hídrica é menor. Esses fatores são mormente considerados complicadores no delicado processo de equacionar as inúmeras variáveis que incidem sobre os usos da água, constituindo genuínos desafios para gestão hídrica brasileira.

Vale ressaltar que, em consonância à Lei das Águas, tem-se buscado hodiernamente a gestão democrática dos recursos hídricos, que em nível legal já é adequadamente tratado nas esferas nacional, regional e local. Apesar deste indiscutível esforço normativo é possível observar que muita coisa ainda precisa ser feita tanto para assegurar na prática a utilização racional e equânime da água quanto para desenvolver ferramentas analíticas que permitam compreender como se conjugam os diferentes fatores que influenciam seu uso.

## **2.6. Gestão hídrica urbana no Distrito Federal**

No Distrito Federal, integram o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos: 1) o Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH); 2) os Comitês de Bacia Hidrográfica, órgãos públicos cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos e; 3) a Agência de Bacia. Cada uma dessas instâncias do Sistema será apresentada a seguir.

O Conselho é composto por 24 instituições que representam diferentes secretarias do Distrito Federal, organizações de classe e da sociedade civil. O CRH é um órgão de caráter deliberativo, normativo e executivo. Atua no papel de integração das políticas públicas voltadas para recursos hídricos na esfera distrital. A primeira reunião ordinária do CRH ocorreu em 2009 e nela foi apresentado o Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do DF.

Os comitês de bacia hidrográfica, também conhecidos como parlamentos das águas, são órgãos colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas que, de acordo com Leme Machado “irão atuar abrangendo uma bacia hidrográfica, um grupo de bacias hidrográficas contíguas ou mediante de um conjunto misto – bacia do curso de água principal e duas sub-bacias hidrográfica” (MACHADO, 2012, p. 512).

Os comitês são compostos por representantes da sociedade civil e órgãos de gestão e uso das águas dos rios que formam sua bacia ou unidade hidrográfica. No DF existem três comitês distritais de bacia: 1) Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá (CBHRP); 2) Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Maranhão (CBH/AM) e; 3) Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Preto (CBH/AP).

De forma geral, a gestão, planejamento e decisão no Sistema de Recursos Hídricos do DF são realizados pelo CRH e pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) bem como pelos comitês de bacias. A regulação, fiscalização, revisão e reajuste de tarifas dos serviços públicos é de competência da Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal (Adasa).

A execução da política de gerenciamento é feita pelo Instituto Brasília Ambiental (Ibram) e pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb). O Ibram é o responsável pelo licenciamento dos recursos hídricos no âmbito do Distrito Federal. A Caesb, encarregada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário:

“(…) é a responsável pela operação dos cinco sistemas produtores do DF. Esses sistemas utilizam 25 pontos de captação superficiais, 16 unidades de tratamento de água (sendo 8 com processos simplificados) e conjuntos de poços profundos. Os sistemas Descoberto e Torto/Santa Maria possuem duas principais [Estação de tratamento] ETA (Descoberto e Brasília, com capacidade nominal de 6m<sup>3</sup>/s e 2,8m<sup>3</sup>/s, respectivamente) e são interligados na distribuição da água tratada, sendo atualmente responsáveis pelo atendimento de mais de 80% da população do DF” (ADASA, p. 56).

Além disso, o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal está integrado ao Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos que é “o principal fórum nacional de discussão sobre gestão de recursos hídricos” (KETTELHUT, 2003, p. 3).

No Distrito Federal, os instrumentos de planejamento que tratam da drenagem e manejo das águas pluviais em área urbana são: o Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do DF (PGIRH); planos de recursos hídricos; Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU/DF).

O plano de recurso hídrico urbano deve ser a linha mestra para o desenvolvimento das ações de drenagem da bacia hidrográfica ao nível municipal. A implementação do plano norteia o desenvolvimento dos projetos e ações na bacia, distribuição de investimento, recuperação de custos e outras atividades. Entretanto, dos “5.564 municípios brasileiros, pouco mais de mil têm algum instrumento regulador do serviço e somente 256 municípios possuem plano diretor de drenagem pluvial urbana” (ADASA). E, tanto no âmbito nacional quanto no local a questão da disposição dos resíduos sólidos fica fora do processo de gerenciamento hídrico.

PGIRH é elaborado para todo território do DF e dez municípios localizados no entorno: Cidade Ocidental, Cristalina, Formosa, Luziânia, Novo Gama, Padre Bernardo, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso e Águas Lindas de Goiás. Esse plano de recorte espacial mais amplo pretende fornecer entendimento de toda conjuntura hídrica na qual o Distrito Federal se insere.

O PGIRH foi elaborado pela Ecoplan Engenharia e teve sua primeira versão concluída em 2006. Em 2011 foi revisado para se adaptar ao Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT), Plano de Resíduo Sólido (PDRS) e Plano de Drenagem Urbana (PDDU). Os planos de recursos hídricos são elaborados por bacia hidrográfica e pretendem fornecer maior detalhamento e indicar propostas de ação específicas.

O PDDU/DF foi produzido por determinação da Secretaria de Obras do Distrito Federal em 2008 e 2009, pelos servidores da Adasa e da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap). O PDDU/DF prevê, dentre outros aspectos, minimização de impactos ambientais, planejamento da drenagem, controle do adensamento de

loteamentos em áreas de risco, prevenção de enchentes, tratamento de resíduos e esgotamento sanitário de forma adequada (ADASA, 2013).

Esses planos de recursos hídricos são elaborados por um grupo de especialistas de diversas áreas, de instituições públicas e privadas e são submetidos após a elaboração à aprovação pelo Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal. No entanto, ainda existem vários desafios no setor hídrico, como a prevenção de enchentes, minimização e interrupção do processo de assoreamento do Lago Paranoá, alternativas para o abastecimento de água futuro, intervenção em áreas urbanas críticas, criação de novos planos de bacia e modelos para previsão quantitativa e qualitativa de disponibilidades e demanda de curto e longo prazo.

Pode-se supor que esses desafios venham a ser superados com a melhoria da fiscalização e definição mais objetiva de atribuições de cada órgão do GDF. Também contribuirão para isso ações como, a maior integração dos planos territoriais, Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE), PDOT, para a gestão compartilhada e o acompanhamento do PGIRH.

É importante que sejam implementados ainda investimentos em estudos ambientais na Bacia do Paranoá; organização e democratização de dados e informações; padronização dos métodos hidrossedimentométricos; adoção de medidas de controle de erosão em áreas rurais e urbanas; florestamento e reflorestamento; revitalização das margens dos rios com plantio de mudas nativas; atenção especial às fases de licenciamento e execução das obras em relação à disposição dos rejeitos e materiais de construção em locais adequados, longe dos canais de escoamento artificiais e naturais; ações de terraplanagem nas épocas de estiagem; adequação da rede de drenagem urbana com instalação de barragens de controle (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANOÁ, 2011).

## **2.7. Pesquisas em gestão hídrica urbana**

O dilema disponibilidade de recurso hídrico *versus* demanda, que caracteriza a crise de escassez hídrica iminente, tem sido um dos motivadores para realização de pesquisas voltadas à gestão sustentável e eficiente. Existem diversas categorias de estudo que podem ser genericamente agrupadas em três tipos principais: estudos

sobre estratégias de gestão hídrica; estudos de diagnóstico e; estudos preditivos. Essa classificação procura delinear as principais características dos diferentes tipos de estudo, considerando, todavia, que em termos técnicos e metodológicos os próprios estudos integram diferentes aspectos aqui delineados de maneira distinta.

Os estudos sobre as formas de gestão hídrica e planejamento estratégico abordam aspectos políticos, normativos e conceituais da gestão. Os estudos de diagnóstico envolvem a aplicação de tecnologias e modelos matemáticos para otimização da infraestrutura hídrica e reconhecimento de riscos de contaminação e poluição dos corpos de água. Finalmente, os estudos preditivos são aqueles que fornecem indicadores de demanda futura, implicam a construção de cenários, na prospecção de possíveis problemas, além de prognosticarem modalidades alternativas de abastecimento de água.

#### 2.7.1. ESTUDOS SOBRE AS FORMAS DE GESTÃO HÍDRICA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Os estudos que propõem estratégias de gestão hídrica urbana são teóricos e abordam as questões políticas que o estresse hídrico gera entre os atores da cidade (HUANG, VAUSE, *et al.*, 2013). Discutem questões normativas específicas como, por exemplo, o estudo que explica do funcionamento do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (KETTELHUT, 2003); o que tece o panorama normativo e institucional da gestão hídrica brasileira, a partir da experiência da Agência Nacional de Águas (FREITAS, RANGEL e DUTRA, 2001) e o que fornece explicação institucional do setor hídrico na Austrália (BYRNES, 2013).

Dentre os trabalhos conceituais sobre as formas de gestão se destacam os estudos sobre a mudança de parâmetros na forma como a água urbana é gerida. O enfoque mais recorrente nestes trabalhos diz respeito à gestão integrada da água urbana em contraponto a gestão tradicional, que trata os componentes isoladamente (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009).

Nesse tipo de abordagem é privilegiada a integração de todo ciclo da água e o entendimento de seus componentes de forma interdependente. Assim, o modelo de gestão ideal seria aquele que considerasse não só aspectos intrínsecos do sistema de abastecimento e esgoto, mas também outros condicionantes como a água das

chuvas e escoamento superficial de forma integrada. Na gestão integrada, considera-se o ciclo natural da água como um corpo vivo que inclui três níveis tróficos: produção, consumo e decomposição (HUANG, VAUSE, *et al.*, 2013).

Essa abordagem integrativa acompanha as tendências de pesquisas em desenvolvimento urbano sustentável, nas quais o espaço urbano passa a ser estudado como uma rede ecossistêmica. Para essa abordagem o desenvolvimento sustentável só será alcançado se “baseado na manutenção saudável das funções do ecossistema natural, oportunidades econômicas e relações positivas entre os vários setores urbanos e o ambiente” (LIU e YANG, 2011, p. 2). Assim, a integração na gestão hídrica deve ser generalizada para além do ciclo hidrológico, contemplando os fatores ambientais, sociais e econômicos, inerentes à cidade em estudo:

“[O] metabolismo da água urbana pode ser compreendido através da análise de alterações metabólicas fluxo e estrutura, fatores econômicos, sociais e mecanismos de condução. Essa análise pode ajudar na identificação de gargalos que limitam a expansão da cidade e do desenvolvimento e identificação dos mecanismos de adaptação para lidar com a poluição, secas e inundações”. (HUANG, VAUSE, *et al.*, 2013, p. 20).

Outros pontos discutidos nos estudos sobre estratégias de gestão hídrica são a necessidade e a dificuldade na seleção de indicadores significativos que tratem dos aspectos dominantes sociais, econômicos e ambientais (MOGLIA, NEUMANN, *et al.*, 2012), que impactam o consumo dos recursos hídricos. Essa dificuldade é inerente à peculiaridade de cada localidade, o que impede uma aplicação imediata de técnicas e conhecimentos sistematizados em outras áreas, sem estudo prévio de adequação.

### 2.7.2. ESTUDOS DE DIAGNÓSTICO

Os trabalhos de diagnósticos da infraestrutura do sistema hídrico da cidade têm característica prática, envolvem a aplicação de um método e o desenvolvimento de modelos. Os estudos de diagnóstico podem ser divididos entre aqueles que abordam aspectos essencialmente ambientais e físicos e os que buscam a integração do planejamento hídrico com aspectos sociais, econômicos e de planejamento territorial.

Exemplifica os estudos de diagnóstico da infraestrutura física o modelo matemático aplicado em Ulsan, cidade da Coreia do Sul (LIM, SUH, *et al.*, 2010 ) para identificar contaminantes nos afluentes da cidade. Estudo feito na Noruega também mostra a importância da integração entre diversos aspectos, pois indica como a distribuição da

vegetação na zona urbana é importante para o planejamento de uso do solo e avaliação da sustentabilidade urbana hídrica (THORÉN, 2000).

Nessa mesma linha, estudo realizado na Índia (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009) destaca as interações entre diferentes componentes do sistema de água urbana, como água suja de esgoto com vazamento que pode entrar em contato com a rede de distribuição de água potável, contaminando-a. A pesquisa considera essas interações a fim de manter a água e serviços de saneamento eficazes, eficientes e seguros. Nesse estudo, é utilizado o sistema de apoio (SDSS) GIS e a ferramenta de modelagem *Integration Urban Water Management - IUWM Approach* para prever os riscos relativos de contaminação da água potável no sistema de abastecimento. São consideradas nesse modelo de avaliação de risco características como diâmetro do tubo, comprimento e corrosividade do solo.

Pode-se citar também pesquisa desenvolvida no Canadá que busca estratégias de gestão de águas residuais que sejam financeiramente sustentáveis, utilizando o Causal Loop Diagram (CLD) e o desenvolvimento de modelo de dinâmica de sistemas de coleta de esgotos municipais autossustentáveis financeiramente (REHAN, KNIGHT, *et al.*, 2013). Além destes encontram-se modelos para análise de risco de contaminação e poluição de água potável (ZHOU, VAIRAVAMOORTHY e MANSOOR, 2009), análise de diferentes técnicas de diagnóstico (FERGUSON, BROWN e DELETIC, 2013), medição da eficiência de sistemas de abastecimento, dentre muitos outros.

Estudos de diagnóstico integrados a fatores socioeconômicos e de planejamento territorial são menos frequentes. Os mais recorrentes são os voltados à construção de indicadores de qualidade urbana, que levam em consideração os mais variados aspectos, inclusive abastecimento de água e saneamento (BASTOS e FONSECA, 2013; LI, LIU, *et al.*, 2009; DEUS, FONSECA e SOUZA, 2013). Há, ainda, pesquisas que correlacionam os diferentes tipos de estrutura urbana a aspectos ambientais como em (BANZHAF, HÖFER e ROMERO, 2009). Este tipo de metodologia permite associar, comparar e analisar dados socioeconômicos, incluindo os relativos ao uso da água.

### 2.7.3. ESTUDOS DE PREDIÇÃO

Os estudos de predição pretendem incentivar alternativas e desenvolver tecnologias para diminuir a taxa de consumo de água potável nas cidades. Como opção ao aumento de demanda hídrica e sua disponibilidade limitada tem-se convencionalmente utilizado estratégias de economia ambiental. Tais estratégias consistem basicamente no aumento do preço da água como forma de forçar à diminuição da demanda.

Políticas de preços para reduzir a demanda, incentivar o uso eficiente e a conservação da água têm sido amplamente utilizadas (OKUN, 1996). Entretanto, esse mecanismo tem mostrado limitações, pois o consumo de água não diminui no mesmo ritmo que aumentam os preços, causando problemas especialmente para as classes mais pobres, que são impelidas a restringir o consumo a níveis mínimos (DOMÈNECH, MARCH e SAURÍ, 2013).

Além da aplicação de instrumentos econômicos existem vários estudos sobre formas alternativas de diminuição do estresse hídrico mediante mecanismos como a reutilização, reaproveitamento de águas cinzas, aproveitamento de águas pluviais, dessalinização. A reutilização objetiva o uso de água com qualidade inferior para substituir a água potável em fins não potáveis, como, por exemplo, na descarga de banheiro, sistemas de refrigeração, indústria e agricultura.

Essas são alternativas ao uso tradicional de água superficial ou subterrânea e significam a implantação de uma nova dinâmica de abastecimento na qual a qualidade da água fornecida seja compatível ao uso. Este mecanismo de reutilização envolve um sistema de distribuição dual, parte para água potável e outra para água de reuso. Nos Estados Unidos o primeiro sistema dual foi instalado em Grand Canyon Village em 1926 (OKUN, 1996), já demonstrando a preocupação com a demanda hídrica urbana.

Exemplos de projetos atuais em todo o mundo, utilizando formas de abastecimento de água não convencionais em zona urbana, são apresentados em estudo, no qual quinze modalidades de abastecimento não convencionais são selecionadas e descritas dentre cento e treze projetos (RYGAARD, BINNING e ALBRECHTSEN, 2011). Em cada uma dessas modalidades, os autores observaram os seguintes

aspectos: impactos ambientais, consumo de energia no processo, qualidade da água gerada, confiança do público na continuidade do abastecimento e eficácia de custos.

Essas técnicas não-convencionais de gerar água com diferentes qualidades para usos diversos podem ser divididas em dois modelos principais de gestão: centralizados e descentralizados (DOMÈNECH, MARCH e SAURÍ, 2013). O modelo centralizado é aquele em que a água é tratada em grandes instalações e transportada por redes longas até o destino de consumo, serve a muitos usuários e o sistema é regido pelo poder público ou empresas privadas. São deste sistema a dessalinização e a recuperação da água. Os modelos de gestão descentralizados são instalados nas casas ou edifícios, servem a poucas pessoas e normalmente são geridos pelos próprios usuários. São exemplos os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas (DOMÈNECH, MARCH e SAURÍ, 2013).

Dentre os países nos quais foram realizados estudos de formas alternativas de abastecimento inclui-se a Espanha, na cidade de Barcelona (DOMÈNECH, MARCH e SAURÍ, 2013), onde por meio da *Evaluation Multicriteria Social* (SMCE) são comparadas quatro fontes de água não convencionais e seus desempenhos socioambientais. A SMCE se destina a modular a influência de fatores econômicos, conservação ambiental e equidade social na viabilidade técnica, aceitabilidade e conveniência do abastecimento de água não convencionais.

Estudo na Austrália (DZIDIC e GREEN, 2012) mostra algumas barreiras sociais à adesão ao uso de alternativas de abastecimento por água subterrânea não potável. Este trabalho indica que a adesão a modalidades de abastecimento alternativo diminui conforme a utilização torna-se mais pessoal. Ou seja, os usuários tendem a admitir o uso em circunstância na qual não haja contato humano direto, como irrigação de jardim ou lavagem de calçadas, demonstrando seu preconceito e desconfiança quanto a seu uso quando a água entra em contato direto com o corpo humano, como em piscinas, ou é usada para fins de higienização, como em descarga de banheiro. O estudo explora ainda obstáculos como o custo, tempo, falta de conhecimento e de se sentir confortável com o abastecimento tradicional.

Outro estudo australiano (UMAPATHI, CHONG e SHARMA, 2013) mostra que a utilização de água da chuva pode chegar a contribuir com quase 31% do total de água

utilizada por uma família durante doze meses. Nessa pesquisa vinte famílias foram monitoradas a fim de avaliar a economia que os tanques de água pluvial poderiam gerar ao domicílio. O objetivo é que essa metodologia seja aplicada em outras localidades e usada para planejamento hídrico das cidades.

Em Pattaya City, na Tailândia um estudo (SA-NGUANDUAN e NITITVATTANANON, 2011) apresenta sistema de tomada de decisão multicritério para auxiliar a implantação da modalidade de reuso mais sustentável para a cidade, considerando as externalidades positivas e negativas. Em cidades costeiras como Hong Kong a água potável tem sido substituída por água do mar para descarga de banheiros (OKUN, 1996).

Os trabalhos de previsão de consumo a curto e longo prazo são importantes para o planejamento, gestão e operação de sistemas de abastecimento de água. Na Espanha (HERRERA, TORGO, *et al.*, 2010) foram analisadas diversas técnicas para previsão de demanda futura de água. Os resultados identificaram modelos de regressão vetorial (SVR) como os mais precisos, seguido por *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS), *Projection Pursuit Regression* (PPR) e *Random Forests*.

São recorrentes os estudos de modelos matemáticos para previsão da demanda de água ao curto e longo prazo (HERRERA, TORGO, *et al.*, 2010), compreendendo estudos de projeções demográficas e estimativa de demandas detalhadas para definição de disponibilidades hídricas e consolidação do quadro atual da oferta de água.

Nestes trabalhos foi evidenciado que a influência de variáveis climáticas, temperatura, velocidade do vento, milímetros de chuva e pressão atmosférica estão relacionados com o comportamento da demanda de água. A partir de análise de base de dados em uma série multitemporal conclui-se que em dias chuvosos o nível da demanda por água aumenta, decrescendo no dia seguinte. O trabalho considera que se pode atribuir essa variação ao fato de que as pessoas tendem a ficar mais tempo em casa durante os dias chuvosos.

Estudo na Bacia do Rio Gediz na Turquia (HARMANCIOGLU, FEDRA e BARBAROS, 2008), analisa cenários positivos e negativos como forma de alcançar uma gestão inteligente dos recursos escassos na zona costeira. Essas modelagens de recursos

hídricos, incluindo componentes quantitativos e qualitativos, criação de cenários futuros e identificação de fatores que afetam a demanda hídrica, ajudam na identificação de estratégias mais adequadas de gestão hídrica e na otimização do funcionamento do sistema de abastecimento.

No trabalho de Sánchez-Román *et. al* (2009) a avaliação de disponibilidade hídrica é feita por um modelo de gestão dos recursos hídricos com a criação de cinco cenários para 50 anos. Nesse modelo são relacionados elementos ambientais, físicos, sociais e econômicos para explicar o comportamento dinâmico de oferta e demanda dos recursos hídricos e geração de efluentes nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, localizadas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Nesse trabalho, tenta-se entender qual seria o equilíbrio ideal para manter as atividades produtivas e satisfazer a crescente demanda da população, mas, ao mesmo tempo, sem prejudicar a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Sánchez-Román *et. al* argumenta que para criar uma avaliação verossímil é necessário realizar um censo de água com informação minuciosa sobre os hábitos dos consumidores e detalhes técnicos sobre a gestão desse recurso. Adverte, que a falta dessas informações gera incertezas durante a simulação dos cenários (SÁNCHEZ-ROMÁN, MÁXIMO, *et al.*, 2009).

Entretanto, mesmo sem todas as informações necessárias os cenários mostraram a mesma tendência, as bacias hidrográficas esgotando-se antes do final do intervalo de simulação de 50 anos, sendo a água reutilizada a única água disponível para o abastecimento futuro (SÁNCHEZ-ROMÁN, MÁXIMO, *et al.*, 2009).

As abordagens conceituais acerca das diversas dimensões que permeiam a questão hídrica, as normativas derivadas dessas novas acepções e as pesquisas destinadas a apreender e aplicar esta concepção, apresentadas nesse tópico, são fundamentais ao processo de construção de estratégias de gestão dos recursos hídricos, compreendida como abordagem ecossistêmica (MACHADO, 2012). A importância de estimular tal abordagem decorre da necessidade de evitar que o desgaste ambiental dos recursos se torne irreparável.

## 2.8. Morfologia urbana

Estudos exploratórios sobre a forma das cidades, o mapeamento do estilo, localização e idade das construções, traçado das ruas é o principal objetivo dos estudos da morfologia urbana em Geografia (WHITEHAND, 2001). Os estudos dessa natureza são tradicionais no campo de pesquisa do planejamento urbano, geografia urbana e arquitetura. Em 1960, estudos do britânico M. R. G. Conzen sobre a pequena cidade inglesa de Alnwick e Newcastle upon Tyne deram origem a escola de pensamento conzeniana, marco nos estudos de morfologia urbana (WHITEHAND, 2001):

“Foi Conzen quem reconheceu a divisão tripartida da paisagem urbana em: i) plano da cidade (compreendendo ruas, parcelas e planos de implantação dos edifícios), ii) tecido edificado e iii) usos do solo e do edificado” (WHITEHAND, 2001, p. 46).

Desde então, vêm sendo publicados vários estudos sobre o *layout* das cidades juntamente com análises de aspectos funcionais e socioespaciais (HEINEBERG, 2007). Na Alemanha, são marcos os trabalhos de Schlüter em 1899 e Ratzel, 1903 (HEINEBERG, 2007) seguidores da escola *conzeniana*.

O termo “morfologia” vem do grego (*morphé* + *lógos* + *ía*) (ARAGÃO, 2006) e significa o estudo da forma, estrutura, configuração. A paisagem urbana ou a forma da cidade é constituída de diferentes elementos, prédios, monumentos, fachada, áreas verdes, ruas e seu estudo resulta da caracterização desses elementos, na qual são investigadas suas variações, hierarquias, relação com o contexto urbano, o período histórico e a sociedade que o produziu, definindo assim seus aspectos fundamentais (ARAGÃO, 2006).

Posteriormente a essa identificação e caracterização dos elementos morfológicos do espaço urbano são instituídos os tipos. Os tipos passam a servir de referência à identificação de similares e distinção dos diferentes elementos morfológicos que constituem o espaço urbano. No final do século XVIII foi formulado por Quatremère de Quincy o conceito teórico de tipo como o elemento que deve servir, por si só, de regra a um determinado modelo (ARAGÃO, 2006).

## 2.9. Urban Structure Type

UST é um estudo da morfologia urbana, a partir da distinção, análise e correlação dos tipos de estrutura que constituem o tecido urbano. A abordagem UST, é considerada a principal base para um Sistema de informação e planejamento ambiental urbano (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009), pois essa classificação permite espacializar grupos de assentamentos urbanos com características biofísicas similares, revelando padrões de vulnerabilidade, pressões, riscos e estratégias de adaptação, informações essenciais para a construção de um modelo com estratégias de desenvolvimento urbano (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009).

O conceito de UST começou a ser desenvolvido em 1960 em trabalhos de planejamento urbano em diversas cidades alemãs (WURM *et.al*, 2010 *apud* MÜLLER, 1965). No entanto, a denominação “tipos de estrutura urbana” só foi criada décadas depois (WURM *et.al*, 2010 *apud* MÜLLER, 1965). A UST surge da necessidade crescente de se entender a dinâmica do ambiente urbano, a fim de facilitar o desenvolvimento sustentável na cidade (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010; PICKETT e CADENASSO, 2006). O desafio é planejar o crescimento das cidades, atendendo tanto as necessidades de moradias, comércio, indústria, infraestrutura de transporte, como a necessidade de manutenção das áreas verdes, preservação da qualidade de água, abastecimento do lençol freático (YLI-PELKONEN, 2006).

Esse conceito parte do princípio de que a cidade é composta de diversos subcomponentes, elementos morfológicos, que possuem um metabolismo intrínseco que os padronizam social e ambientalmente em decorrência das atividades que acomodam e do padrão de construção (PAULEIT e DUHME, 2000). Assim, o tipo de uso e suas características intrínsecas poderiam ser fornecidas a partir de dados do tipo de cobertura e seus aspectos funcionais (WALDE, HESE e SCHMULLIUS, 2012).

Dessa forma, os tipos de cobertura com suas características típicas de uso, demanda de energia, consumo de água, geração de resíduos (PAULEIT e DUHME, 2000) poderiam ser identificadas e mapeadas em decorrência desse metabolismo próprio. Esse mapeamento é realizado a partir de critérios estruturais e funcionais (BANZHAF e HÖFER, 2008; HÖFER, 2013), focados, principalmente em aspectos da fisionomia das construções (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010), como por exemplo se é

edifício ou casa, número de pavimentos, espaços abertos, proximidade à infraestrutura, quantidade de vegetação, de área impermeabilizada, solo exposto, material dos telhados, densidade da área construída, tamanho dos lotes, presença ou ausência de piscina e jardins (HÖFER, 2013; BANZHAF e HÖFER, 2008; WICKOP, 1998).

A composição estrutural em termos de quantidade, conectividade e distribuição (BANZHAF e HÖFER, 2008) é consorciada com os tipos de uso: comercial, industrial, residencial. A UST é determinada pela predominância de um tipo de construção identificada (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013) e o estabelecimento de padrões. Assim, a UST é a agregação de objetos isolados no ambiente urbano no nível de bairro (HÖFER, 2013). Essa agregação deve formar unidades que possuam características semelhantes, funcional e morfológicas.

Considera-se como unidade significativa aquela passível de reprodução em outras localidades da cidade. Essa concepção exclui a classificação a partir de características únicas de uma casa por exemplo, pois essas características únicas não poderiam ser usadas como parâmetro para construção de uma UST dada a ideia principal é a generalização e fragmentação da área de estudo em classes que possuam uma semelhança física mínima. Dessa mesma forma, os setores censitários apesar de fornecerem informação detalhada em escala intraurbana, não são UST porque não possuem homogeneidade física/funcional, são recortes espaciais aleatórios que só considera a divisão político-administrativa.

A concepção de fracionar a cidade em unidades espaciais homogêneas, em vez de unidades administrativas artificiais (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010), é basilar na definição de UST. A organização espacial dessa forma objetiva a detecção de necessidades intraurbanas específicas, que muitas vezes são diluídas em análises isoladas nas unidades administrativas artificiais.

Uma vez que os fatores físicos, funcionais, econômicos e energéticos são sintomáticos das estruturas urbanas e a capacidade de enfrentamento está intimamente relacionada ao acesso a esses fatores a UST pode ser usada como indicador para medir a vulnerabilidade das populações da cidade e pode ser relacionada também à geração de risco e exposição a perigos (HÖFER, 2013).

Em decorrência disso, a UST pode ser usada para construção de indicadores espaciais intramunicipais que reflitam a segregação existente dentro das cidades, a partir da “caracterização e identificação quantitativa de fatores físico-funcionais do espaço urbano” (KRELLENBERG, HÖFER e WELZ, 2011, p. 116).

Para fazer uma análise usando UST é necessário a construção de uma chave de classificação e definição de classes para cada unidade significativa identificada no tecido urbano. A construção das classes UST é feita a partir de uma chave de classificação, que deve ser desenvolvida com base nas características físico funcionais da área de estudo. A chave de classificação da UST é definida pelas especificidades de cada área de estudo e o objeto da pesquisa. Considera-se para construção da chave aspectos relacionados a infraestrutura, tipos de construção, áreas verdes, áreas de lazer, densidade de urbanização, zonas industriais, entre outros, para definir as unidades significativas UST. Cada UST é caracterizada por propriedades específicas espaciais, tais como densidade de construção, forma e disposição dos edifícios ou a percentagem de cobertura vegetal.

Em decorrência dessa especificidade, não existe definição geral de chave de classificação para UST (HÖFER, 2013). A construção da chave de classificação pode ser alterada em decorrência do objeto de pesquisa que se pretende focar (HÖFER, 2013). A tipologia de estrutura urbana pode ser criada a partir de diferentes critérios, os quais podem conter distintas quantidades de classes e subclasses.

Após a construção da chave de classificação, as UST são mapeadas com base em fotografias aéreas ou imagens de satélite de alta resolução espacial. O uso de escala grande para a classificação da UST é fundamental para distinguir os aspectos morfológicos, material de composição dos telhados, ruas, copas de árvores (BANZHAF e HÖFER, 2008).

A forma tradicional de mapeamento UST é o mapeamento visual manual da UST a partir de fotografias aéreas e transferência para o sistema de informação geográfica (SIG) (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010; KRELLENBERG, HÖFER e WELZ, 2011; HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013), que, apesar de levar muito tempo, ainda é o método mais eficiente (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013). Para o mapeamento das estruturas urbanas pode-se usar várias fontes de informação, “levantamento *in situ*,

dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite ou fotografias aéreas), classificação do uso do solo” (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010, p. 2).

Existe também metodologias de interpretação semiautomatizada de imagens de altíssima resolução com a utilização de características de cor, forma, textura, contexto (BANZHAF e HÖFER, 2008; HEROLD, LIU e CLARKE, 2003; FRÖHLICH, BACH, *et al.*, 2013) e automatizadas com auxílio de mapas topográficos (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013). No entanto, esses métodos só foram testados em poucas cidades e necessitam de *radiometrically homogeneous* de alto custo (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013).

Esses fatores somados a variedade de tipos de dados iniciais que podem ser usados para classificação UST (BANZHAF e HÖFER, 2008) têm gerado uma diversidade de números e tipos de classes UST (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010). A flexibilidade do conceito, que permite a integração com diferentes técnicas, metodologias e dados para classificar os tipos de estrutura urbana (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010, apud HOEFER, 2013), fornece informações abrangentes que “possibilitam extrapolações para investigações locais, regionais e nacionais” (BANZHAF e HÖFER, 2008, p. 3) e podem ser usadas para estudos interdisciplinares (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013).

As categorias de UST são sempre escolhidas com relação à aplicação, geralmente variam em complexidade e abordam diferentes propriedades espaciais. Este aspecto é um dos principais desafios para o desenvolvimento de um sistema de classificação UST automático, adaptável porque implica uma infinidade de recursos espaciais que tem de ser definidos no sistema a partir do qual, em cada caso, o mais adequado deve ser selecionado automaticamente (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013).

### 2.9.1. TRABALHOS RELEVANTES SOBRE UST

A primeira pesquisa usando a abordagem UST foi realizada em Munique na década de 1990 (WURN, TAUBENBÖCK e DECH, 2010). Posteriormente, foram feitos estudos de planejamento urbano em outras cidades alemãs usando essa abordagem. Atualmente o conceito é aplicado também em outros países, em cidades com contextos históricos e culturais bem diversos.

Essa flexibilidade do conceito se deve a adaptabilidade a várias técnicas de aquisição, dados de entrada e metodologia de aplicação. Por facilitar a identificação espacializada de aspectos socioambientais e permitir a realização de constatações e extrapolações, essa abordagem pode ser usada em uma infinidade de campos de aplicação.

A abordagem UST é empregada com frequência como base para estudos de diferenciação socioespacial, socioecológica, investigações sobre inundações, deslizamentos de terra, qualidade do ar, estresse por calor (BANZHAF, HÖFER e ROMERO, 2009).

Em Ho Chi Minh City, por exemplo, estudo mostra diferença espacial da exposição e resiliência a impactos relacionados a mudanças climáticas usando UST (MOON, DOWNES, *et al.*, 2009). Em Santiago do Chile, também, foram desenvolvidos estudos (HÖFER, 2013) (KRELLENBERG, HÖFER e WELZ, 2011) em que as classes UST são comparadas com parâmetros climáticos. Esses estudos foram realizados a partir da verificação da exposição a situações de temperatura estressantes nos diferentes estratos sociais e buscam estimar a justiça ambiental nas grandes aglomerações urbanas.

Nessas pesquisas no Chile é mostrado a forte relação entre as variações socioeconômicas da população e a temperatura atmosférica do ar. Foi constatado que os assentamentos de estratos sociais mais baixos são os mais suscetíveis a temperaturas estressantes. A área urbana ocupada pela parte mais rica da cidade apresenta maior conforto térmico por ser caracterizada por unidades com baixas densidades urbanas, áreas verdes abundantes, e possuindo conseqüentemente temperaturas mais frias, maior umidade e maior frequência de dias de vento.

Já a parte com alta e média densidade urbana, ocupada por população com menor poder econômico, é identificada pela falta de áreas verdes e grande densidade de construções. As conseqüências dessa impermeabilização intensa da superfície são temperaturas locais mais elevadas, além de ar mais quente e seco. É constatado nesse estudo que “superfícies permeabilizadas podem afetar consideravelmente a qualidade ambiental em áreas urbanas” (PAULEIT e DUHME, 2000, p. 7).

Quanto a eficácia do mapeamento UST para cidades não europeias, estudo na Alemanha e Indonésia (BANZHAF, HÖFER e EBERT, 2009) testou o mapeamento UST por processo automático de classificação em três cidades culturalmente e morfologicamente distintas Dresden (Alemanha), Berlin (Alemanha) e Padang (Indonésia). A pesquisa mostrou bons resultados da classificação nas três aplicações, mesmo para Padang, cidade totalmente diferente em sua morfologia, comprovando a adaptabilidade do sistema de classificação UST.

Trabalhos que correlacionam os tipos de cobertura do solo com aspectos sociais, econômicos e ambientais (DEUS, FONSECA e SOUZA, 2013; BASTOS e FONSECA, 2013; KRELLENBERG, HÖFER e WELZ, 2011) já estão sendo realizados na área do geoprocessamento, como é o caso do estudo (SALIM e LUCHIARI, 2013) que verifica a correlação entre as classes de cobertura da terra e os dados demográficos do Censo 2010 utilizando o programa de estatística SPSS. Nas correlações apresentadas foi revelada a possibilidade de utilizar a quantidade de telhado de cimento amianto nas cidades para analisar aspectos da qualidade de vida da população. A partir da correlação desses dados, constatou-se que a maior quantidade de telhado de cimento amianto corresponde a áreas com maior densidade demográfica e analfabetismo.

No trabalho de Stewart e Oke (2009) não é utilizada a denominação UST, mas compartilha da mesma lógica. Nesse estudo, uma classificação local para o clima é desenvolvida para Nagano, no Japão, considerando aspectos dos tipos e densidade de construção, espaços aberto e indicadores específicos do clima como umidade e fluxo de calor. Como estratégia de estudar pormenorizadamente o clima local, aspectos morfológicos são associados a características ambientais nessa classificação. Procura-se representar regiões climáticas homogêneas em oposição à separação genérica tradicional rural/urbano. A paisagem é dividida em classes, buscando representar a diversidade do tecido urbano existente da cidade (STEWART e OKE, 2009).

Estudo realizado em Munique (PAULEIT e DUHME, 2000) também relaciona tipos de cobertura com os diversos tipos de uso para estudar aspectos hidrológicos e de reuso. O trabalho mostra como as características físicas influenciam na eficiência ambiental de cada tipo de cobertura. Identificado, ainda, em quais tipos de cobertura é possível a substituição do abastecimento público de água por água da chuva. Em outro estudo

a abordagem UST é utilizada para estudar a distribuição da carga de poluentes hídricos (ELLIS e REVITT, 2008). Nessa pesquisa são identificadas 19 categorias de terrenos urbanos, que possuem escoamento e características de qualidade da água distintos.

No Distrito Federal, a abordagem UST começou a ser utilizada pelo grupo de pesquisa Água-DF em 2009. O Água-DF é formado por parceria de pesquisadores do Centro Helmholtz de Pesquisas Ambientais - UFZ, da cidade de Leipzig na Alemanha, a Caesb e pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB). A primeira chave de classificação UST utilizada no DF começou a ser desenvolvida durante os anos de 2009 e 2010 na região administrativa de Planaltina (HÖFER, 2013).

Desde então, o estudo com UST vem sendo aprimorado e aplicado no DF em diferentes recortes espaciais: por região administrativa, unidades hidrográficas; enfoques temáticos, estudo do consumo de água, poluição atmosférica; metodológicos, classificação de imagem visual manual, automática; com diferentes dados fotografias aéreas, imagens de satélite, dados secundários diversos e; *softwares*, Envi, ArcGIS, InterIMAGE.

## **2.10. Análise espacial**

A estatística espacial amplia a estatística tradicional, analisando os dados dentro de um espaço e não somente pela variação dos seus atributos - dados tabulares (MITCHELL, 2005). Essa análise é feita utilizando a mesma metodologia da estatística realizada em dados não espaciais, porém aos dados são acrescentados a variáveis espaciais a fim de obter considerações adicionais (MITCHELL, 2005):

“A ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer.” (DRUCK, CARVALHO, *et al.*, 2004, p. 209).

A análise de dados espaciais utiliza valores de atributos associados a áreas delimitadas por polígonos, objetivando identificar a existência de padrões na agregação dos dados (DRUCK, CARVALHO, *et al.*, 2004). A existência de uma agregação definida ou aleatória, é a “caracterização da dependência espacial mostrando como os valores estão correlacionados no espaço” (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010, p. 26). Esse processo mapeia a existência de padrões de distribuição nos

dados analisados, além de procurar agrupamentos de características similares no espaço em estudo. (MITCHELL, 2005).

Indo além da simples análise da imagem e seus padrões, a estatística espacial permite também a relação entre duas camadas, para medir quão elas se relacionam entre si (MITCHELL, 2005). Essas ferramentas de interpretação espacial podem ser usadas em diversos estudos, como, por exemplo, com dados de densidade populacional, para definir sua viabilidade para centros urbanos (BESUSSI, CHIN, *et al.*, 2010) e para trabalhos com vistas a criar estratégias de gestão de saúde em comunidades (CUTTS, RAFALSKI, *et al.*, 2014).

Para este estudo foi utilizado uma das ferramentas estatísticas mais populares, segundo Besussi *et al.* (2010), o índice de Morans, a partir da aplicação das técnicas de agrupamento das ferramentas *Hot Spot – Analysis Getis-Ord GI\**, *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)*.

### **Índice *Getis-Ord GI\****

Este índice é uma forma alternativa de medida de associação espacial baseada em distância estatística introduzida por Getis e Ord (1992) (CAMARGO, 2000). Esse método identifica um alto ou baixo índice de aglomeração de uma determinada característica em uma área específica, comparando para cada característica os itens vizinhos em um dado espaço determinado. Essa análise indica se há baixa ou alta semelhança entre os itens que o cerca (MITCHELL, 2005).

A região circunvizinha do polígono examinado pode ser definida de duas maneiras: determinada por uma distância, ou relacionada às características adjacentes (MITCHELL, 2005). Nesse estudo, foi utilizada a segunda opção, sendo feita a comparação de eventos cuja localização está associada a área de cada classe UST com as classes UST adjacentes.

A partir dessa análise é calculado o  $GI^*$ , que consiste em “somar os valores dos vizinhos e dividir pela soma dos valores de todas as características na área de estudo” (MITCHELL, 2005, p. 176). Um valor positivo de  $GI^*$  significa que existem muitos valores altos próximos e, da mesma forma, um valor negativo de  $GI^*$  refere-se à

ocorrência de valores baixos próximos. Esse valor é determinado pela seguinte fórmula:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j}$$

**Figura 3 - Fórmula matemática para análise estatística GI\***

**Fonte: (MITCHELL, 2005, p. 176)**

Onde  $G^*$  é a característica delimitada (i) por um polígono e (d) é a distância entre os polígonos. O valor de cada vizinho (x) é multiplicado pelo peso do vizinho mais próximo (w) e o resultado é somado. Depois, essa soma é dividida pela soma de valores de todos os vizinhos (x), para cada característica de dado.

### **Índice *Local Morans***

Esse índice possibilita a comparação entre valores de cada evento em uma dada área com o valor do mesmo evento nas áreas vizinhas, repetindo essa operação para cada área. O resultado é um índice que representa “uma medida geral da associação espacial existente no conjunto dos dados, variando de [-1;1]” (CAMARGO, 2000), sendo atribuídos “1” quando a auto correlação espacial for positiva e “-1” quando a auto correlação entre atributos semelhantes for negativa.

Diferente do índice global, o local tem para cada área calculada a medida da associação espacial (CAMARGO, 2000). Por isso, o índice local fornece subsídios para análise de padrões em escala maior de detalhe. A fórmula matemática do índice local Morans é:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (1)$$

Onde  $x_i$  é o atributo para característica  $i$ ,  $\bar{X}$  é a média do atributo correspondente,  $w_{i,j}$  é o peso espacial entre característica  $i$  e  $j$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2}{n - 1} - \bar{X}^2 \quad (2)$$

Com  $n$  igual ao número total de características. O zli para as estatísticas é calculada com as seguintes fórmula:

$$z_{I_i} = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (3)$$

where:

$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n - 1} \quad (4)$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (5)$$

**Figura 4 - Fórmula matemática do índice local Morans**

### 3. MATERIAL E MÉTODO

Esse trabalho foi desenvolvido, principalmente, no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial (LSRAE), do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). Todas as etapas de trabalho foram realizadas utilizando-se os seguintes software: ArcGis versão 10.1 da ESRI; Pacote Microsoft Office (Word, Excel) versão 2013 e banco de dados PostgreSQL versão 9.3.

Os dados temáticos georreferenciados obtidos de diferentes instituições foram compilados inicialmente pelo projeto IWAS Água-DF e complementados neste trabalho. Optou-se pela consorciação desses dados por serem de momentos históricos próximos, o que poderia demonstrar as estruturas socioespaciais de forma coerente. Os vários conjuntos de dados são apresentados na Tabela 2 e Tabela 3. Os metadados encontram-se associados ao banco de dados (Geodatabase do ArcGis) seguindo o PADRÃO ISO 19115 utilizado na INDE (CONCAR, 2009). Todos os dados, quando necessário, foram reprojetados para SIRGAS 2000 - UTM Zona 23. Os dados fornecidos pela Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap) e Secretaria de Estado de Habitação Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB) foram processados a partir das curvas de nível na escala 1:10.000.

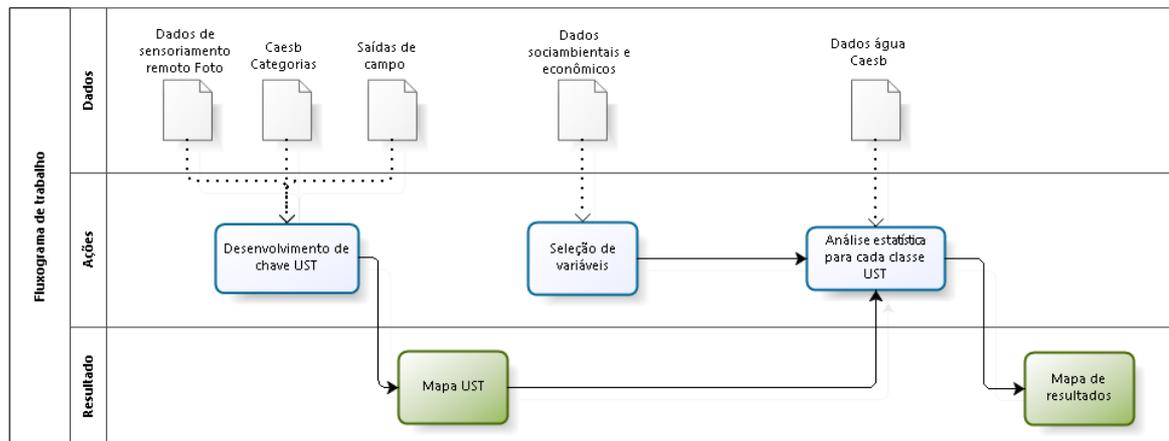
**Tabela 2 - Dados institucionais utilizados neste estudo – formato matricial**

Dado	Data	Formato	Resolução	Projeção	Datum	Fonte
OrtoFoto	2013	GeoTIF	0,25m	UTM - Z23	SIRGAS2000	Terracap
OrtoFoto	2009	GeoTIF	0,1m	UTM - Z23	SIRGAS2000	Terracap

**Tabela 3 - Dados institucionais utilizados neste estudo – formato vetorial**

Dado	Data	Formato	Projeção	Datum	Fonte
Divisão ADM	2010	Shapefile	UTM - Z23	SICAD	SEDHAB
Vias	2010	Shapefile	UTM - Z23	SICAD	SEDHAB
Quadras	2010	Shapefile	UTM - Z23	SICAD	SEDHAB
PDOT	2009	Shapefile			
Consumo de água	2012 -2013	Shapefile	UTM - Z23	SICAD	CAESB
Censo	2010	Shapefile e Excel	Não Proj.	SIRGAS2000	IBGE
Bacias	2010	Shapefile	UTM - Z23	SIRGAS2000	SEDHAB

As etapas metodológicas deste estudo (Figura 5) foram: pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos relevantes, buscando-se delinear os parâmetros e dados socioambientais norteadores da pesquisa; levantamento de indicadores socioambientais; determinação da chave de classificação UST; classificação visual manual das UST na área de estudo utilizando fotografias aéreas; análise do padrão das classes UST; análise da distribuição espacial dos indicadores e consumo de água; correlação das UST com dados de consumo de água e socioeconômicos e; análise dos resultados.



**Figura 5 - Fluxograma de trabalho**

### 3.1. Desenvolvimento da chave de classificação

Os trabalhos com UST no grupo de pesquisa Água-DF começaram com a elaboração de uma chave de classificação com base em levantamentos de campo, identificação de pontos significativos *in loco*, marcação da localização com GPS e documentação fotográfica (Tabela 4) (HÖFER, BAKKER, *et al.*, 2013; HÖFER, 2013).

**Tabela 4 - Classes UST elaboradas no âmbito do projeto de pesquisa Água-DF**

Sigla	Nome
C1	Grandes prédios comerciais
C2	Áreas comerciais mistas com área residenciais
CU	Unidades de conservação
DC	Áreas degradadas
GS	Áreas verdes
I1	Área industrial
I2	Área industrial e outros usos, tal como comércio
PB	Prédios públicos
RA	Áreas de recreação
RB1	Prédios de apartamento residenciais até 6 andares
RB2	Prédios de apartamento residenciais nas páreas tradicionais, pioneiras do DF
RB3	Prédios de apartamento residenciais com até 35 andares

Sigla	Nome
RH1	Unidades residenciais constituída por casas com baixíssima densidade de ocupação e características rurais
RH2	Unidades residenciais constituídas por casas com baixa densidade de ocupação
RH3	Unidades residenciais de casas marginalizadas, periferias
RH4	Unidades residenciais de casas com alta densidade de ocupação
RH5	Unidades residenciais de casas com média densidade de ocupação
RH6	Unidades residenciais de casas em condomínios com jardins, grandes quintais e piscina
RH7	Unidades residenciais de casas em bairros nobres com grandes quintais, jardins e piscina
T	Infraestrutura de transporte

**Fonte: (HÖFER, BAKKER, *et al.*, 2013)**

O uso dessa chave de classificação começou a ser levantado, prioritariamente, nas regiões administrativas de Planaltina, Taguatinga (HÖFER, BAKKER, *et al.*, 2013; HÖFER, 2013) e Ceilândia. Neste estudo novos trabalhos de campo foram realizados com o intuito de adaptar a chave de classificação para a área da bacia do Riacho Fundo. No total foram visitados 60 pontos de referências sendo pelo menos três por classe, para relatório fotográfico terrestre e verificação.

A chave de classificação do DF é dividida em quatro níveis conforme apresentada na Figura 6 (HÖFER, 2013). No primeiro nível de classificação a UST está dividida em: espaços abertos e áreas construídas. No segundo nível há um detalhamento do padrão funcional, tipo de uso, como por exemplo, residencial (R), público (PB), comercial (C), industrial (I).

O terceiro nível leva em consideração vários aspectos da organização do espaço, nos quais os seguintes parâmetros diretos foram utilizados: área impermeabilizada, tipo de construção, tamanho do lote, infraestrutura urbana e índice de área verde. Sendo, por exemplo, as áreas residenciais separadas pelo tipo de moradia, se apartamento (RB) ou casa (RH). Para classificar a grande diversidade morfológica das áreas residenciais, um quarto nível foi criado para as UST do tipo residencial.

Além dessas características intrínsecas da morfologia de cada classe UST, foram usados os seguintes parâmetros indiretos: escoamento superficial, estágio de regularização, densidade demográfica, consumo de água. A taxa de infiltração da água, escoamento superficial, vulnerabilidade a processos erosivos foi obtida a partir da relação entre a quantidade de área verde, área impermeabilizada e solo exposto em cada unidade UST (HÖFER, 2013). Os parâmetros utilizados foram escolhidos

com base nos dados disponíveis e parâmetros comumente utilizados nas análises realizadas nas cidades alemãs. A tabela a seguir apresenta a origem dos dados utilizados para obtenção de cada um desses parâmetros:

**Tabela 5 - Origem dos parâmetros de classificação**

<b>Parâmetro de classificação</b>	<b>Origem</b>
Consumo de água	Caesb
Categoria do uso da construção (comercial, residencial, prédio público ou industrial)	
Renda	Censo IBGE 2010.
Responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares	
Densidade demográfica	
Infraestrutura urbana	Sedhab
Estágio de regularização	Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) 2009
Área impermeabilizada	Fotografia aéreas e saída de campo.
Tipo de residência	
Índice de área verde	

Para esse trabalho, foram feitas algumas adaptações quantitativas e qualitativas na chave de classificação a fim de se ajustar às especificidades morfológicas e funcionais da bacia. Entretanto, tem se buscando manter uma uniformidade de nomenclaturas, siglas de identificação e parâmetros de caracterização no desenvolvimento da chave para auxiliar a realização de estudos futuros.

Em relação à adaptação quantitativa, a classe RB 2 (unidade constituída por apartamentos residenciais em áreas tradicionais) foi removida, pois esse elemento morfológico não constitui unidade significativa nessa área. As classes GS e CU foram fundidas por considerar-se que a distinção entre elas não era relevante na pesquisa em questão. Quanto aos aspectos qualitativos, foram adicionados aos parâmetros de caracterização das UST, a densidade demográfica e responsáveis alfabetizados(as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares. Foram identificadas 18 classes de UST na área de estudo apresentadas a seguir:

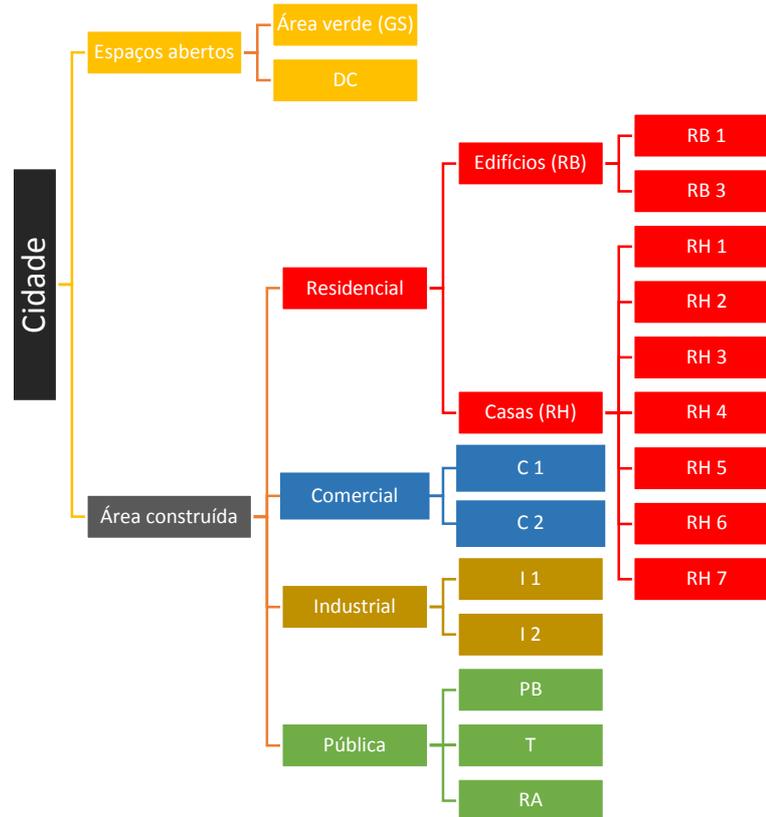


Figura 6 - Hierarquia das classes na chave de classificação UST da Bacia do Riacho Fundo

### 3.2. Mapeamento da UST

Para o mapeamento da UST foram utilizados aspectos funcionais e morfológicos seguindo a chave de classificação proposta no item anterior. Fotografias aéreas coloridas (RGB) ortorretificadas, disponibilizadas pela Terracap com resolução espacial de 0,25m, obtidas em 2013, foram base para a classificação.

O método de classificação escolhido foi o visual manual, que não se baseia nos processos de classificação que utilizam modelos automáticos obtidos a partir de mistura espectral, como por exemplo utilizando métodos “pixel a pixel” (BERNARDI, DZEDZEJ, *et al.*, 2007) ou em objetos – *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA) (NOVACK, 2009). A escolha do método visual manual foi baseada em dois critérios básicos e objetivos.

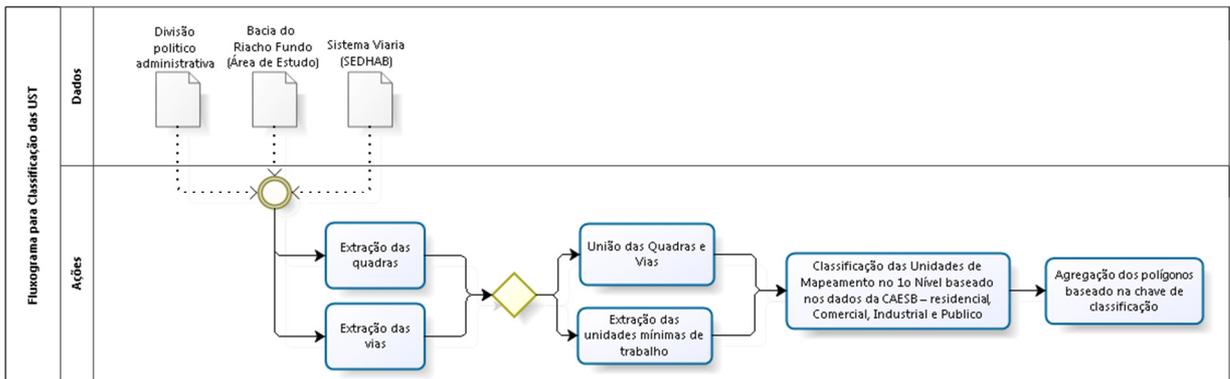
Primeiro, as técnicas multiescalar que buscam identificar organização do espaço (discriminação dos objetos e seus relacionamentos espaciais) ainda não estão completamente consolidadas nos *softwares* livres ou mesmo comerciais. Alguns deles

têm buscado realizar esta função como é o caso eCognition Developer (PASSO, 2013). Estudos que têm desenvolvido algoritmos para *softwares* livre como, o pacote "R", são de difícil manipulação e requerem adaptações a suas necessidades (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013). Além disso, os métodos de classificação automáticos e semiautomáticos buscam identificar e individualizar as feições das cenas (NOVACK, 2009), tipo de cobertura e não a organização e funcionalidade do espaço (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013).

Segundo, a técnica de interpretação visual manual, embora demorar mais para ser realizada, permite uma análise multiescalar mais precisa, o que não é facilmente alcançado pelos métodos de classificação automáticos (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013). A técnica escolhida – visual manual - apresenta grau muito menor de enganos e erros no processo de classificação. Estudos mostram que as classificações automáticas e semiautomáticas apresentam uma média de 77% (HÖFER, 2013) a 82% de eficiência na classificação (HECHT, HEROLD, *et al.*, 2013), sendo variável entre cada classe UST e muito dependente da complexidade e quantidade de tipos de coberturas do recorte urbano.

Por isso, a validação da base UST em trabalhos de classificação automática e semiautomática é feita, normalmente, a partir de uma base UST gerada por processo visual manual de classificação (KÖRTING, 2006). Nesse trabalho a verificação funcional de algumas áreas foram realizadas *in situ*, porém essas validações referem-se apenas aos aspectos de cobertura. A validação dos aspectos qualitativos, funcionais, ambientais, socioeconômicos que o conceito UST representa só seria possível a partir de entrevista amostral com os residentes/trabalhadores das unidades.

Assim, a avaliação dos aspectos qualitativos foi feita neste trabalho a partir da correlação da base UST com as variáveis do Censo. O Processo de construção da base UST e classificação das classes seguiu as etapas apresentada no fluxograma a seguir:



**Figura 7- Fluxograma de trabalho para a classificação das UST**

Segundo o fluxograma o primeiro passo (Figura 8, imagem superior esquerda processo inicial e imagem superior direita resultado dessa etapa) foi abstrair a divisão político-administrativa das Ra para possibilitar uma redefinição ao nível da quadra, processo que foi possível por meio da seleção dos eixos das vias da área de estudo. Os polígonos gerados desta fase foram considerados as unidades iniciais de mapeamento das UST, garantindo deste modo um ajuste dos limites das classes das UST com a divisão administrativa, facilitando assim o processo de cruzamento com as informações socioeconômicas oficiais – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Caesb, Secretaria de Estado de Habitação Regularização e Desenvolvimento Urbano (Sedhab). Nesta etapa o vetor de linha das vias (meio fio) foi transformado em polígonos e sobreposto às feições de quadras, fornecidas pela Sedhab. Posteriormente este novo arquivo foi recortado pela área de estudo.

O segundo passo (Figura 8, imagem inferior esquerda) foi agregar as informações referente ao segundo nível de classificação, residencial, comercial, industrial ou público, tomando como base os dados de categoria de consumo de água fornecido pela Caesb para o ano de 2012. O terceiro passo foi o processo de classificação visual propriamente dito (Figura 8, imagem inferior direita). Nesta etapa os polígonos foram classificados segunda a chave apresentada no item anterior (Figura 7). Estes polígonos foram nomeados com as classes UST conforme a morfologia urbana apresentada. A Figura 8 apresenta os resultados de cada passo do fluxograma de trabalho.

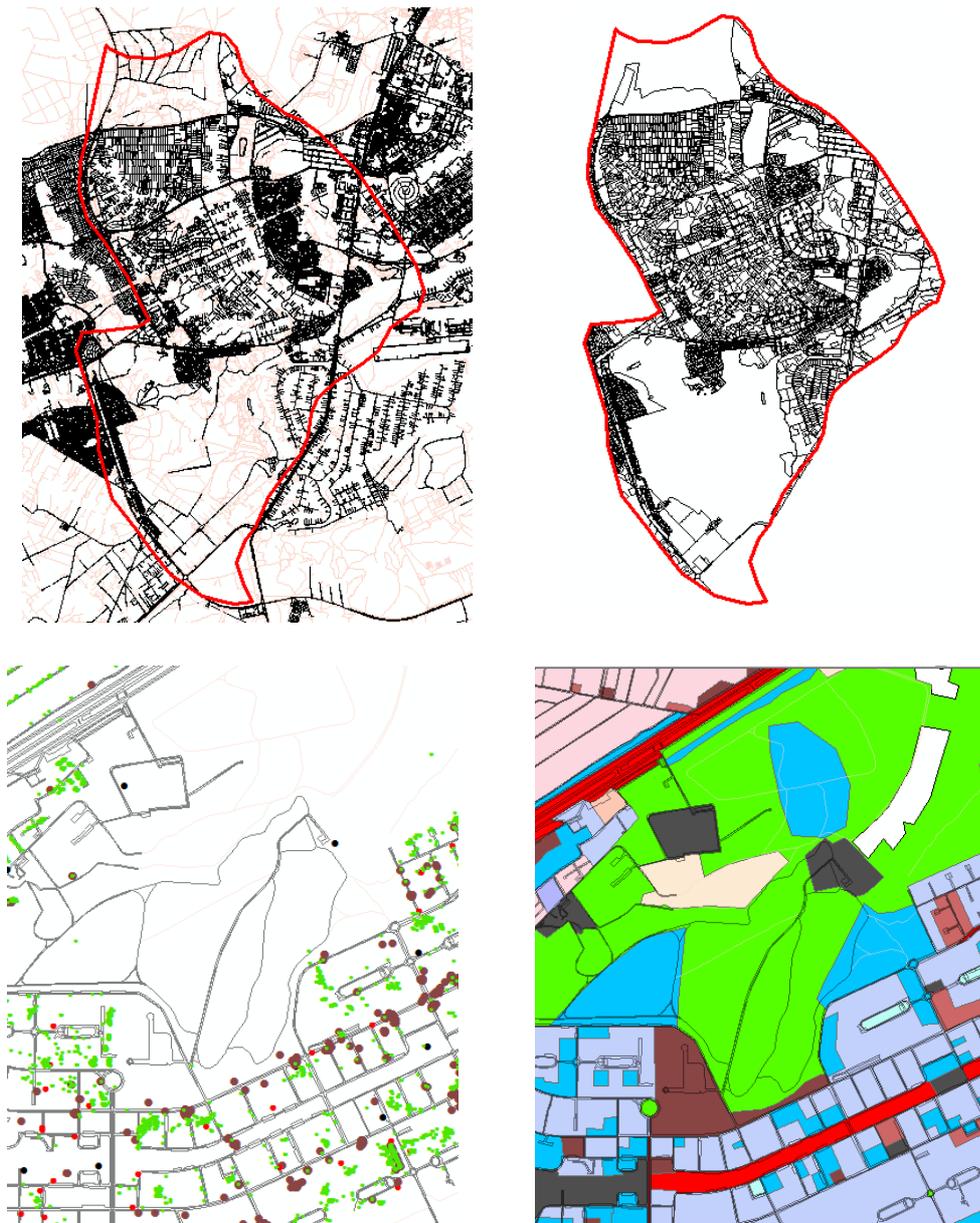


Figura 8 - Etapas do mapeamento das UST.

### 3.3. Análise estatística espacial

A análise da UST, das variáveis socioeconômicas e ambientais, e da média de consumo de água, foi feita utilizando-se os indicadores Globais e Locais de Autorrelação, por meio das ferramentas de análise estatística espacial disponíveis no ArcGis 10.1, nas extensões *Spatial Statistics Tools* e *Spatial Analyst*. O principal objetivo desta etapa foi identificar os padrões de distribuição espacial e mapeamento de agrupamento. Inicialmente utilizou-se os índices Globais de Autocorrelação Espacial: Índices de Moran e Geary, os quais permitem verificar se os dados são

agrupados, dispersos ou têm distribuição aleatória. A partir da identificação da existência de agrupamento e autocorrelação espacial dos temas de entrada, partiu-se para o estudo das relações entre os agrupamentos, utilizando-se os índices locais de Getis-Ord  $G_i^*$  e Anselin Local Morans I.

Ressalta-se que as análises estatísticas foram realizadas para cada classe UST. A estatística descritiva foi baseada na média, valor máximo e mínimo. As ferramentas *Hot Spot - Analysis Getis-Ord  $G_i^*$*  e *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)* foram aplicadas para análise de correlação espacial.

A legenda do mapa gerada pela ferramenta *Hot Spot - Analysis Getis-Ord  $G_i^*$*  mostra a grau de significância estatística com nível de confiança de 99%, 95% e 90%, baseados nos valores de *z-score* e o índice de confiança (*p*). Estes valores indicam se o agrupamento espacial observado é de valores altos (*Hot spots*) ou baixos (*Cold spots*). Os agrupamentos não significantes estatisticamente, ou seja, que apresentam distribuição aleatória não são classificados nesta análise.

Já o mapa de auto correlação por *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)*, mostra a existência de fragmentos com valores destoante de seus vizinhos. Assim, há agrupamento de áreas com altos valores (HH), valores altos isolados em áreas com baixos valores (HL), valores baixos isolados em área com altos valores em cinza (LH) e agrupamento de baixos valores (LL).

### 3.3.1. CORRELAÇÃO DOS DADOS COM A BASE UST

O dado de consumo de água consiste na média de consumo em  $m^3/mês$  de todas as ligações do sistema de abastecimento da Caesb. Esse dado é referente ao período entre os meses de março de 2012 e abril de 2013, obtido a partir da média da taxa de consumo registrada nos hidrômetros georeferenciados. É um *shapefile* de pontos dividido nas seguintes categorias: comercial, residencial, prédio público ou industrial. São 116.819 pontos no total na área de estudo; desses 105.491 são de localidades de uso residencial, 10.733 comercial, 393 público e 202 industrial.

Os dados socioeconômicos e ambientais foram obtidos das variáveis do Censo Demográfico 2010 do IBGE. Não existe a localização exata desses dados, o valor é

agregado à área do setor censitário. Inicialmente, as variáveis selecionadas para a pesquisa foram:

**Tabela 6 - Dados do Censo 2010 na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo**

<b>Código CENSO</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
basico_V001	basico_v00	Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
basico_V002	basico_V_1	Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes
basico_v003	basico_V_2	Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes (obtida pela divisão de basico_V002 por basico_V001)
basico_V005	basico_V_3	Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento)
domic1_V012	domic1_V01	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral
domic1_V013	domic1_V_3	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade
domic1_V017	domic1_V_6	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial
domic1_V018	domic1_V_7	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica
domic1_V019	domic1_V_8	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar
domic1_V035	domic1_V03	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado
domic1_V040	domic1_V04	Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro
pes1_V078	pes1_V078	Responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares
Resp2_v001	resp_v001	Responsáveis
Resp2_v093	resp_v093	Responsáveis alfabetizados

### 3.3.2. CORRELAÇÃO ENTRE SETORES CENSITÁRIOS E UST

O setor censitário possui configuração espacial distinta da UST. Enquanto a primeira é baseada apenas na divisão político-administrativa, a segunda é definida a partir de um conjunto de características que são catalogadas em classes conforme o tipo de estrutura, agregando a esses elementos morfológicos aspectos funcionais, socioambientais e econômicos.

Essa diferença na quantidade de critérios para configuração espacial é refletida na forma de representação da área. A representação por UST apresenta um nível maior de detalhes, existem na área de estudo 911 setores censitários e 6.138 UST. É possível perceber o detalhamento da escala UST comparada à usada na pesquisa do

Censo a partir da Figura 9, que mostra a área de estudo dividida em setores censitários e a divisão em UST.



**Figura 9 - Diferença no recorte espacial. Setores censitários do lado esquerdo e UST no lado direito**

A fim de obter uma visão econômica e socioambiental da área, foram utilizados dados do Censo IBGE e os dados de consumo de água da Caesb. Os dados da Caesb são georeferenciados, indicando exatamente o ponto onde aquela informação foi extraída. Esse fato facilita a correlação com ambas representações.

No entanto, os dados do Censo possuem sua atomicidade no setor censitário, ou seja, representam uma área específica delimitada na representação do setor censitário, não sendo possível relacionar esse dado à representação por UST por simples combinação de dados. Para transpor essa diferença de escalas e tornar possível a visualização dos dados do IBGE na representação por UST foi realizado um processo de transformação dos dados, que ocorreu de acordo com os seguintes passos:

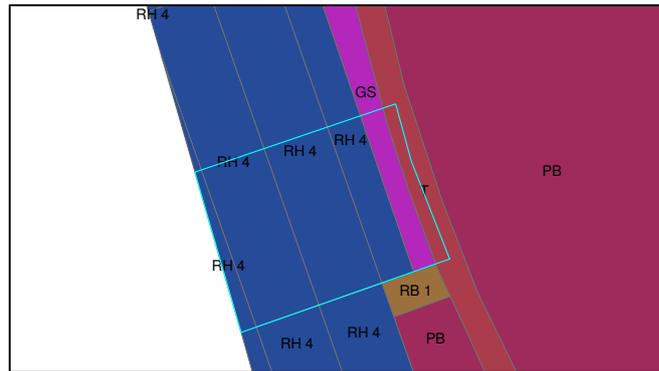
Primeiramente os 6.138 dados da UST e os 911 setores censitários, já com as variáveis descritas na Tabela 6, foram importados para o banco de dados PostgreSQL, em sua versão 9.3. A extensão Postgis, versão 2, foi instalada no PostgreSQL, de forma a permitir o trabalho com dados geográficos. O primeiro passo realizado no Postgres foi a união dos dados do Censo e UST. Foi identificado então quais intersecções haviam entre a UST e o Censo. No exemplo da figura a seguir, a união do setor censitário em destaque gerou quatro registros, um para cada UST (RA, RB3, C2 e C1). Em cada registro foi marcada a porção da área de cada classe UST incluída no setor censitário.



**Figura 10 - Correlação entre setor censitário e UST**

Dessa massa de dados gerada, foram removidas todas as relações com UST que não possuem domicílios particulares, que são C1, RA, DC, I1, I2, GS e PB. Essa exclusão é feita, pois o objetivo desse mapeamento é correlacionar os dados do Censo que se referem a domicílios particulares e seus moradores. Nas UST citadas não há domicílios particulares, então assume-se que nesse setor censitário a fração de informação para essas UST seja zero, sendo irrelevante nesse momento.

Exemplificando, em um setor censitário composto unicamente da UST RB 3 e GS, com a informação censitária de que há 200 moradias, assume-se que 100% dessas moradias estão em RB 3. Após essa exclusão, restou uma massa de dados com 6.628 registros. Nessa massa, foram identificados setores censitários que só fazem intersecção com um tipo de UST, conforme exemplificado na figura a seguir:

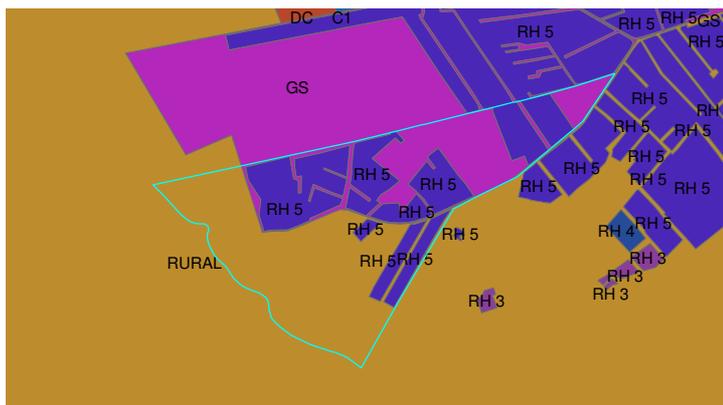


**Figura 11 - Setor censitário com apenas uma classe UST (com domicílio particular) localizado na fronteira da área de estudo**

O setor censitário apresentado na (Figura 11), possui somente intersecção com as classes UST RH4, GS e T. Como GS e T foram removidas por não possuírem dados relevante nesse momento, pode-se dizer que esse setor censitário é composto apenas por construções RH4. Foram procurados setores censitários com apenas um tipo de UST, pois assim seria possível estabelecer equivalência dos dados do Censo Demográfico entre a base UST e setor censitário. Uma vez que o Censo informa que esse setor censitário possui 206 moradias e é composto inteiramente de RH4, concluiu-se que nessa porção de área RH4 temos 206 moradias.

No exemplo apresentado na figura anterior (Figura 11), pode-se observar que o setor censitário se localiza na fronteira da área de estudo. Como o Censo é realizado em uma área superior à área de estudo nesse trabalho, alguns setores censitários não estão totalmente representados na bacia do Riacho Fundo. Ou seja, para esses setores censitários não podemos assumir que o valor do Censo informado represente a área marcada. Então, na massa de dados, eliminamos todos os setores censitários localizados na fronteira da área de estudo.

Finalmente, temos uma massa de dados somente com dados relevantes e seguros de serem trabalhados. O próximo passo consistiu em calcular a média de cada variável do Censo Demográfico para os setores censitários, de acordo com a UST.



**Figura 12 - Setor censitário com uma classe UST**

A Figura 12 apresenta um setor censitário com área total de aproximadamente 347.968 m<sup>2</sup>. Já a área UST dentro desse setor censitário, composto da classe RH5, possui 119.322 m<sup>2</sup>. O Censo informa que há 200 moradias para esse setor censitário, e como esse setor possui apenas construções com domicílios particulares do tipo RH 5, logo em 119.322 m<sup>2</sup> de área composta de construções RH 5, existem cerca de 200 moradias. Para essa área foram verificadas todas as variáveis da Tabela 6. Esse passo foi realizado para todos os setores censitários com somente um tipo de classe UST.

Para comparar os dados que foram verificados nos setores censitários selecionados foi realizado um trabalho de proporção em cima de todos os dados. Foi utilizada como medida, 1 hectare (10.000 m<sup>2</sup>), assim, se em uma área de 119.322 m<sup>2</sup> temos 200 moradias, ou seja, em 1 hectare, há 1,68 moradias.

Para analisar os dados uma média foi calculada para cada variável para setores censitários com a mesma composição de classe UST. Porém, antes, os valores discrepantes foram removidos a partir do cálculo do desvio padrão. O intervalo de valores aceitáveis mínimo é representado pelo valor da média menos o desvio padrão, enquanto que o máximo é o valor da média somado ao desvio padrão. Foram analisados cada valor e eliminados os que se encontram fora desse intervalo.

Como exemplo dos valores discrepantes, entre os setores censitários constituídos pelo mesmo tipo de classe UST, foram identificados 163 setores compostos exclusivamente de construções RB 3. Desses há setores censitários compostos de RB3 que, segundo o Censo, possuem apenas quatro moradias em 1 hectare,

enquanto outro setor censitário também, composto unicamente de RB 3, possui 656 moradias para a mesma área. Após, retirados os valores discrepantes, foi calculada a média para a caracterização das classes UST.

### 3.3.3. CORRELAÇÃO ENTRE UST E DADOS DE ÁGUA

Para os dados de consumo de água foi realizada uma análise geoestatística com a base UST e com a base setor censitário separadamente. Depois, a representação do consumo de água foi comparada nessas duas bases a fim de delinear suas potencialidades e limitações.

## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados do mapeamento UST para a área de estudo, descrição de cada classe e caracterização quanto ao consumo de água, análises espaciais, correlação com as variáveis do Censo Demográfico e, discussão.

### 4.1. Classes UST na Bacia do Riacho Fundo

A partir da implementação da chave de classificação, inicialmente proposta pelo projeto Água-DF, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Riacho Fundo foram identificadas 18 classes de UST. As classes podem ser divididas genericamente em cinco categorias de acordo com seu uso principal: nove classes residenciais, duas comerciais, duas industriais, três públicas e dois tipos de área sem construção. Deve-se ressaltar que a definição dessas classes segue na medida do possível as apresentadas pelo projeto Água-DF (HÖFER, BAKKER, *et al.*, 2013; HÖFER, 2013). Essas classes são descritas a seguir:

#### UST Residencial

**RH 1 – Moradias com baixa densidade de construção:** unidades com características rurais, casas isoladas em grandes lotes (>2ha). Plantação e módulos agrícolas e/ou vegetação expressiva fazem parte do entorno dessas unidades, caracterizadas pela pouca impermeabilização do solo. Normalmente esse tipo de estrutura urbana não está conectada à rede geral de água e esgoto e, geralmente, estão em avançado processo de parcelamento irregular.

**Tabela 7 - Características da classe RH 1**

Parâmetros	Caracterização
Localização	
Consumo de água	Não se aplica
Área impermeabilizada	Abaixo de 25%
Tipos de residência	Majoria 1 pavimento
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Originalmente mais de 20.000 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Sem infraestrutura urbana
Índice de área verde	Médio para alto
Escoamento superficial	Baixo, porém aumentando
Estágio de regularização	Irregular



Figura 13 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH1

**RH 2 – Moradias com baixa densidade de construção:** unidades residenciais, geralmente em avançado processo de parcelamento irregulares, com construções de até 100m<sup>2</sup>, em lotes grandes (até 2.000m<sup>2</sup>). Diferenciam-se do RH1 por localizar-se dentro do perímetro urbano (PDOT) mais denso e urbanizado e, normalmente, está conectada à rede geral de água e esgoto.

Tabela 8 - Características da classe RH 2

Parâmetros	Caracterização
Localização	Taquari, Altiplano Leste, Entre Lagos
Consumo de água	Entre 150 e 200 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Quase abaixo de 25%
Tipos de residência	Majoria 1 pavimento
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Originalmente mais de 2000 m <sup>2</sup> , mas no processo de parcelamento irregular
Infraestrutura urbana	Algum abastecimento de água, coleta de lixo
Índice de área verde	Médio para alto
Escoamento superficial	Baixo, mas aumentando
Estágio de regularização	Irregular, algumas áreas em processo de regularização
Descrição	Áreas rurais em processo avançado de parcelamento irregular



Figura 14 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH2

**RH 3 – Periferia - Áreas marginais:** unidade composta por pequenas casas compactas, feitas com material improvisado e de baixa qualidade, habitações precárias. Geralmente estão em áreas irregulares de expansão urbana recentes. Constituída por ruas irregulares e estreitas, alta presença de solo exposto e baixa porcentagem de vegetação e áreas asfaltadas.

Tabela 9 - Características da classe RH 3

Parâmetros	Caracterização
Localização	Vila Estrutural
Consumo de água	Abaixo de 150 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Maioria 1 pavimento
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Abaixo de 150 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, Coleta de lixo
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Muito alto
Estágio de regularização	Irregular e áreas no processo de regularização
Descrição	Casas construídas com material de construção simples e/ou improvisados. Sistema de drenagem e esgoto em implementação.



Figura 15 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH3

**RH 4 – Alta densidade de construção:** unidade residencial com grande impermeabilização do solo, constituída, quase exclusivamente por casas geminadas de um ou dois pavimentos sem áreas verdes. Lotes quase ou totalmente construídos.

Tabela 10 - Características da classe RH 4

Parâmetros	Caracterização
Localização	Guará
Consumo de água	Entre 150 e 200 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Maioria 1 pavimento, algumas com 2 pavimentos.
Construções comerciais	Poucos 2 pavimentos com comércio no térreo
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Entre 150 e 250 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, Coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Muito alto
Estágio de regularização	Regular
Descrição	Áreas bastante homogêneas com alta densidade de urbanização. Maioria das casas tem telhado de amianto.



Figura 16 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH4

**RH 5 - Área com média densidade de construção:** Unidade em processo de ocupação, constituída por residências e espaços abertos. Pode ser uma RH 4 em processo de consolidação. Também, são áreas heterogêneas quanto aos tipos de construções que pode apresentar na mesma unidade casas com piscina e gramado, tipo RH 6, e lotes com características semelhantes às encontradas na RH 4. Ocupações de densidade média e características heterogêneas, não existe muito planejamento de ocupação conforme o tipo de uso.

Tabela 11 - Características da classe RH 5

Parâmetros	Caracterização
Localização	Taguatinga
Consumo de água	Entre 200 e 300 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Entre 50 e 75%
Tipos de residência	Um ou dois pavimentos
Construções comerciais	Poucos 2 pavimentos com comércio no térreo
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Entre 250 e 500 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Médio para baixo
Escoamento superficial	Médio para alto
Estágio de regularização	Regular e em processo de regularização
Descrição	Tamanho das construções: heterogêneo, com poucas piscinas e pequenos jardins. Algumas casas têm telhas de amianto e outras argila



Figura 17 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH5

**RH 6 – Construções com alto padrão em condomínios:** Área residencial composta por casas na maior parte com dois pavimentos, moradias unifamiliares, terrenos amplos de 1.000 a 2.000m<sup>2</sup>, com jardins e piscina. São localizadas em condomínios fechados de acesso controlado em áreas mais afastadas do centro e infraestruturas. Estão inseridas em áreas heterogêneas quanto ao padrão de uso e ocupação do solo.

**Tabela 12 - Características da classe RH 6**

Parâmetros	Caracterização
Localização	Condomínios Park Way
Consumo de água	Entre 300 e 500 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Entre 50 e 75%
Construções comerciais	Não se aplica
Tipos de residência	Maioria dois pavimentos
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Entre 1000 e 2000 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água principalmente por poço artesiano, coleta de lixo, sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Médio para alto
Escoamento superficial	Médio para baixo
Estágio de regularização	Irregular e áreas no processo de regularização
Descrição	Para média alta classe, casas unifamiliares de alta qualidade. Muitas piscinas privadas, jardim e algumas quadras de esporte. Baixa densidade populacional e construções altas. Vários condomínios fechados inseridos em um contexto diverso (normalmente RH 5).



**Figura 18 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH6**

**RH 7 – Construções com alto padrão em áreas nobres:** Áreas com moradias unifamiliares de alto padrão localizadas em áreas nobres com acesso à infraestrutura. São compostas principalmente por casas com dois pavimentos, terrenos amplos de 1.000 a 2.000m<sup>2</sup>, com jardins e piscina. São localizadas em área homogêneas quanto ao tipo de construção, exemplo Lago Sul.

**Tabela 13 - Características da classe RH 7**

<b>Parâmetros</b>	<b>Caracterização</b>
Localização	Lago Sul
Consumo de água	Mais de 500 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Entre 25 e 50%
Tipos de residência	Majoria dois pavimentos
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Entre 500 e 1000 m <sup>2</sup>
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Médio para alto
Escoamento superficial	Médio para baixo
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Para classe média-alta, com padrão de quase uma piscina por casa. Baixa densidade populacional, casas luxuosas. Proximidade as principais infraestruturas e inseridas em um contexto de homogêneo (RH 7 e RH 6).



Figura 19 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RH7

**RB 1 – Prédios até seis andares:** unidades residenciais multifamiliares, constituídas por prédios de até seis andares em áreas legalizadas. Geralmente são inseridas em um conjunto RH 4 ou C2.

**Tabela 14 - Características da classe RB 1**

Parâmetros	Caracterização
Localização	Guará, Lúcio Costa.
Consumo de água	Entre 150 e 200 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Entre 50 e 75%
Tipos de residência	Prédios altos com até 6 andares
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgotos
Índice de área verde	Baixo
Escoamento superficial	Alto
Estágio de regularização	Regularizados
Descrição	Prédio com até 6 andares em áreas regularizadas designadas para esse propósito.



Figura 20 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RB 1

**RB 3 – prédios altos:** unidade residencial multifamiliar constituída por construções verticais com até 35 andares. Complexo de prédios em um condomínio com área de lazer comum (piscinas, churrasqueira) na parte central, segurança. Alguns desses complexos possuem lojas no andar térreo. Esse comércio surgiu em função dos apartamentos residenciais superiores.

**Tabela 15 - Características da classe RB 3**

Parâmetros	Caracterização
Localização	Águas Claras, Guará, SIA, Taguatinga
Consumo de água	Entre 200 e 300 l/hab*dia
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Prédios altos com mais de 6 andares
Construções comerciais	Alguns comércios no térreo
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Baixo
Escoamento superficial	Alto para muito alto
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Prédios altos com até 35 andares. Condomínio com estrutura comum de lazer (piscina, campo de futebol, churrasqueira). Algumas lojas no térreo. Prédios vizinhos altos. Área em expansão, construções recentes.



**Figura 21 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST RB 3**

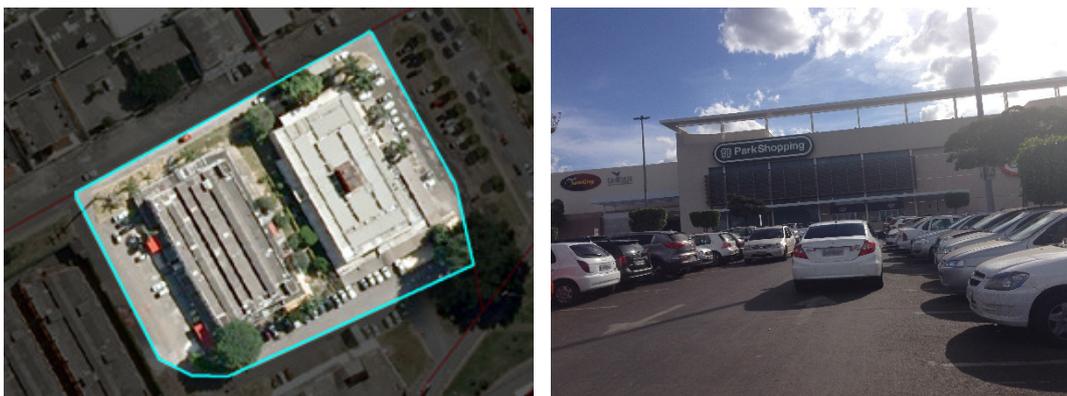
## UST Comercial

**C1 – área exclusivamente comercial:** unidade constituída por grandes construções destinadas exclusivamente ao uso comercial. Construções destinadas a serviços

particulares estão incluídas nesta categoria, tais como escolas, hospitais, prédios de escritórios.

**Tabela 16 - Características da classe C1**

Parâmetros	Caracterização
Localização	Principalmente as margens das vias principais.
Consumo de água	Consumo de água variável
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Prédios altos com mais de 6 andares
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Alto
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Prédios comerciais com padrão médio para alto. Áreas designadas exclusivamente para troca e serviço.



**Figura 22 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST C1**

**C2 – área comercial mista:** unidade constituída por construções de uso misto, comercial e residencial. A atividade mista em C2 pode existir verticalmente, forma mais comum, em prédios que no primeiro andar possuem comércio (uso principal) e nos andares superiores moradia (uso secundário). Porém, podem ter uma distribuição horizontal, unidade constituída de construções de uso comercial e residencial. Essas áreas geralmente contornam áreas exclusivamente residenciais e estão localizadas paralelamente às vias principais, possuindo aspecto linear.

**Tabela 17 - Características da classe C2**

Parâmetros	Caracterização
Localização	Guará, Núcleo bandeirante, Riacho Fundo
Consumo de água	Consumo de água variável
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Quitinete nos andares superiores

Parâmetros	Caracterização
Construções comerciais	Prédios com até 4 andares
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Alto
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Áreas comerciais, normalmente com 3 andares. Primeiro e Segundo andar comercial. Terceiro, residencial com residência tipo quitinete. Locais ao longo de ruas principais.



Figura 23 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST C2

## UST Industrial

**I1 – área industrial:** unidades industriais, constituídas por grandes construções, como galpões, prédios de armazenamento, fábricas. Estão localizadas, geralmente, em áreas mais afastadas de áreas residenciais.

Tabela 18 - Características da classe I1

Parâmetros	Caracterização
Localização	SIA
Consumo de água	Consumo de água variável
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Maioria com mais de 2000 m2
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Alto
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Setor de indústria e abastecimento. Área designada especificamente para indústria e abastecimento. No entanto, há

Parâmetros	Caracterização
	o desenvolvimento de atividades comerciais, tais como venda de carro e materiais de construção.



Figura 24 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST I1

**I2 – área industrial mista:** constituída por uma unidade horizontal com heterogeneidade no tipo de uso. Frequentemente são constituídas por galpões, lojas de montagem, distribuidoras e oficinas. São áreas distantes do centro e de áreas exclusivamente residenciais. São constituídas por construções e lotes em tamanhos maiores, sendo essas construções destinadas ao uso comercial ou industrial. Entretanto, na área de estudo foram encontradas residências no andar superior de algumas dessas construções comerciais.

Tabela 19 - Características da classe I2

Parâmetros	Caracterização
Localização	Taguatinga
Consumo de água	Consumo de água variável
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Em pouquíssimos casos, apartamentos em no andar superior de prédio comercial (irregular)
Construções comerciais	Poucas, principalmente venda por atacado
Construções industriais	Prédios com mais de 4 andares
Tamanho do lote	Muito variável
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Muito baixo
Escoamento superficial	Alto
Estágio de regularização	Regularizado, algumas residências irregulares
Descrição	Setor de indústria mixa com setor comercial e alguns casos residências (irregulares) nos andares mais altos dos prédios.



Figura 25 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST I 2

## UST Pública

**T - Infraestrutura de transporte:** possui morfologia linear, é constituída das vias principais e infraestruturas de transporte que as acompanham, tais como paradas de ônibus e estação do metrô. Inclui-se nessa unidade também a vegetação de canteiros entre as vias. É constituída por um baixo índice de vegetação e alta taxa de área impermeável, por isso essas áreas tendem a contribuir para o aumento do escoamento superficial. Nessa UST não estão incluídas as vias entre quadras.

Tabela 20 - Características da classe T

Parâmetros	Caracterização
Localização	Em diversas localidades do DF
Consumo de água	Não se aplica
Área impermeabilizada	Mais de 75%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Não se aplica
Índice de área verde	Baixo
Escoamento superficial	Muito alto
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Ruas, estradas, trilhos de trem (poucos), metrô.



Figura 26 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST T

**RA - As áreas de recreação:** são constituídas por clubes, quadras de esporte, praças. Na área de estudo essa UST é composta principalmente por quadras de esporte e praças. As quadras esportivas e praças estão localizadas na maior parte das vezes entre as unidades residenciais. Os clubes, por outro lado, ficam em áreas separadas, destinadas a esse tipo de uso.

Tabela 21 - Características da classe RA

Parâmetros	Caracterização
Localização	Em diversas localidades do DF, principalmente Guará
Consumo de água	Não se aplica, exceto clube
Área impermeabilizada	25% - 75%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Não se aplica
Índice de área verde	Médio para alto
Escoamento superficial	Baixo – médio
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Instalações esportivas, tais como campos de futebol, praças, clubes.



Figura 27 - Exemplo visual aéreo da classe UST RA



Figura 28 - Detalhe da UST da classe UST RA

**PB – Prédio público:** Esse tipo de unidade é constituído de prédios públicos, áreas verdes que rodeiam essas construções, guarita e estacionamento. Nessas construções funcionam os serviços públicos de educação, saúde, segurança, administração.

**Tabela 22 - Características da classe PB**

<b>Parâmetros</b>	<b>Caracterização</b>
Localização	Em diversas áreas da bacia, principalmente perto do Plano Piloto.
Consumo de água	Consumo de água variável
Área impermeabilizada	Entre 25 e 50%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Abastecimento de água, coleta de lixo, Sistema de drenagem, esgoto
Índice de área verde	Baixo para alto
Escoamento superficial	Médio para baixo
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Prédios públicos e centro de serviços, como escolas, hospitais, igrejas, cemitérios, centros públicos para esporte e lazer, postos de polícia.

**Figura 29 - Exemplo visual aéreo da classe UST PB**



**Figura 30 - Detalhe da UST da classe UST PB**

### **UST Sem Construção**

**GS – áreas verdes:** unidade não construída, constituídas por vegetação, fragmentos de vias e/ou de áreas degradadas em pequenas proporções. Existe variação grande na densidade de vegetação, mais rala para mais expressiva. Essa classe foi fundida com a classe Unidade de Conservação (CU). Essencialmente, a diferença entre essas duas classes é a determinação legal para a criação e gestão, aspecto não relevante para esse estudo.

**Tabela 23 - Características da classe GS**

<b>Parâmetros</b>	<b>Caracterização</b>
Localização	Em várias localidades na bacia
Consumo de água	Não se aplica
Área impermeabilizada	Até 25%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Não se aplica
Índice de área verde	Alto
Escoamento superficial	Baixo
Estágio de regularização	Regularizado
Descrição	Áreas verdes em áreas ainda não urbanizadas ou entre as faixas de urbanização, unidades de conservação, parques urbanos.

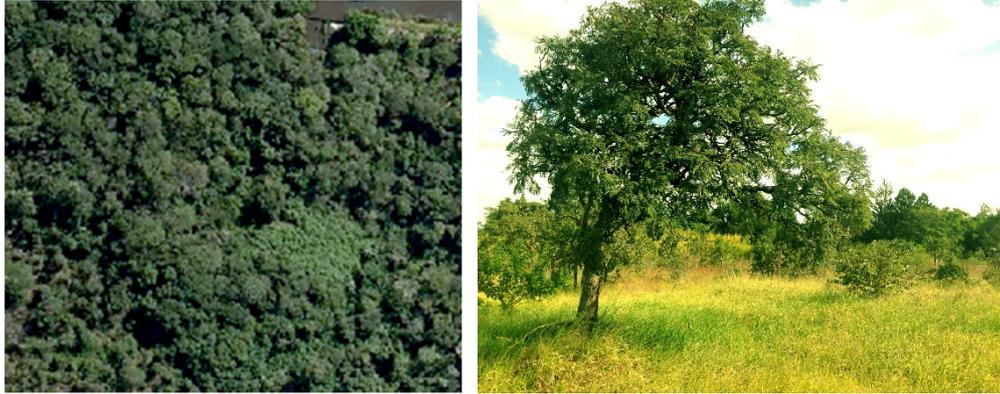


Figura 31 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST GS

**DC – áreas degradadas:** unidade com formato bastante irregular constituída de porções de solo exposto, áreas em construção. Presentes principalmente em áreas com processo de ocupação recentes. Podem ser confundidas com áreas de vegetação muito rala ou seca, o que é comum no Distrito Federal devido ao aspecto de sazonalidade do clima da região.

Tabela 24 - Características da classe DC

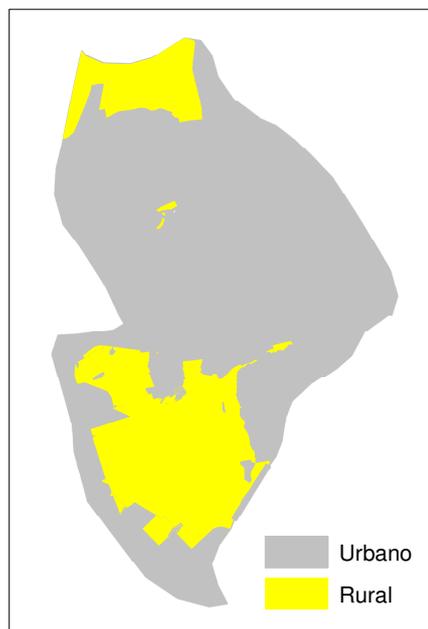
Parâmetros	Caracterização
Localização	Em várias localidades da bacia
Consumo de água	Não se aplica
Área impermeabilizada	Entre 50 e 75%
Tipos de residência	Não se aplica
Construções comerciais	Não se aplica
Construções industriais	Não se aplica
Tamanho do lote	Não se aplica
Infraestrutura urbana	Não se aplica
Índice de área verde	Baixo, muito baixo
Escoamento superficial	Alto, muito alto
Estágio de regularização	Regularizado e não regularizado
Descrição	Áreas degradadas: terrenos urbanos sem manejo adequado; áreas em processo de urbanização (obras).



Figura 32 - Exemplo visual aéreo (esquerda) e detalhe da UST (direita) da classe UST DC

#### 4.2. Distribuição das classes UST na área de estudo

A área urbana na bacia hidrográfica é predominante, representando 74,90% de área total. Porém existem dois aglomerados rurais significativos, um na extremidade Norte e outro na parte Sul, totalizando 25,10% da área total da bacia. A expansão urbana apresentou um crescimento de quase 18% em relação a situação de 2009 (56,2%) descrita por Menezes, Roig *et al* (2012). Essa divisão entre urbano e rural na área de estudo pode ser observada na Figura 33.



**Figura 33 - Divisão entre área urbana e rural na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo**

Na parte urbana da bacia, a classe UST mais representativa é a GS (áreas verdes) com aproximadamente 17%, seguida de DC (áreas degradadas) e RH 5 (unidades residenciais constituídas de casa e com média ocupação), com 10% e 9% respectivamente. O mapa com a distribuição das classes UST na área urbana da bacia e a porcentagem de cada classe UST na área de estudo são apresentados a seguir:

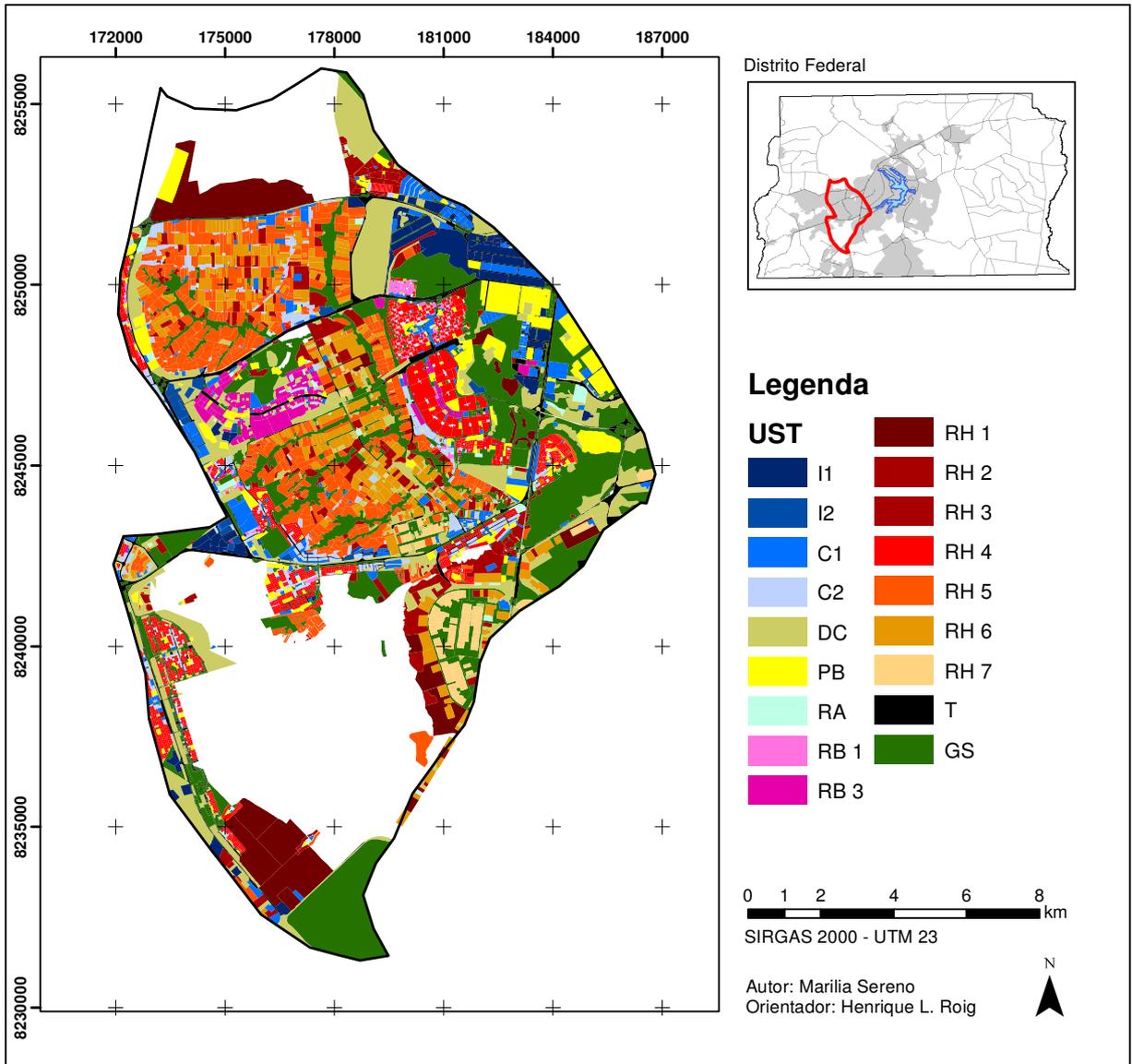
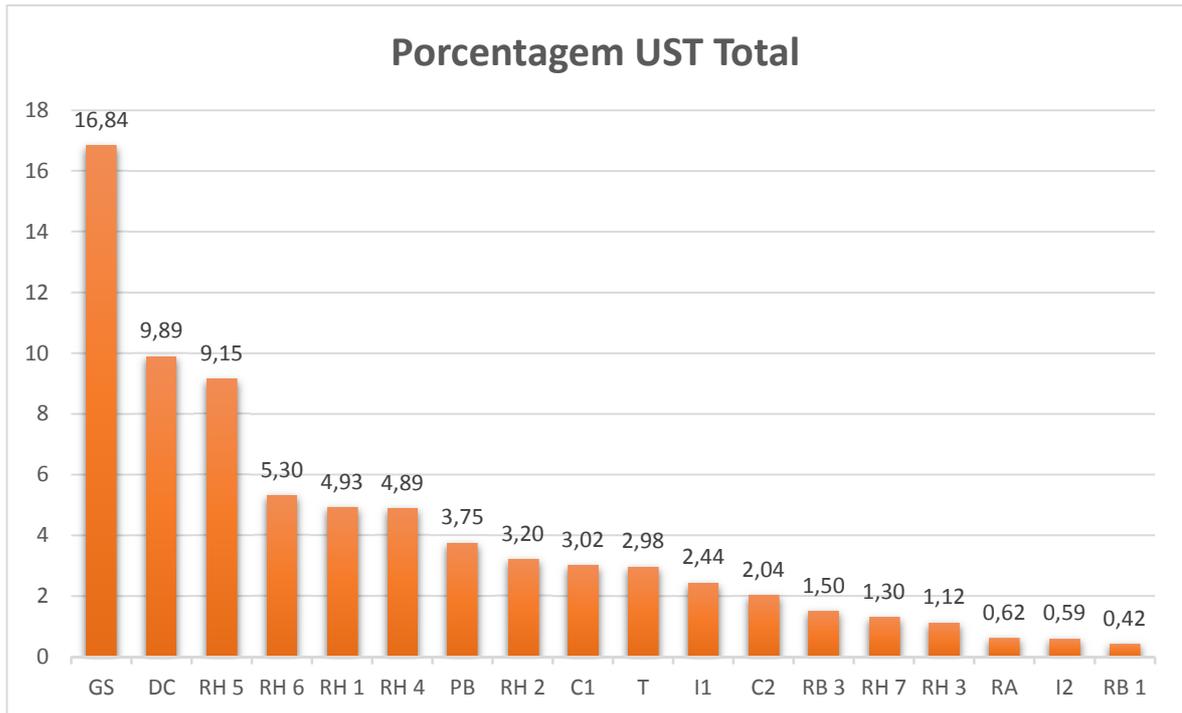
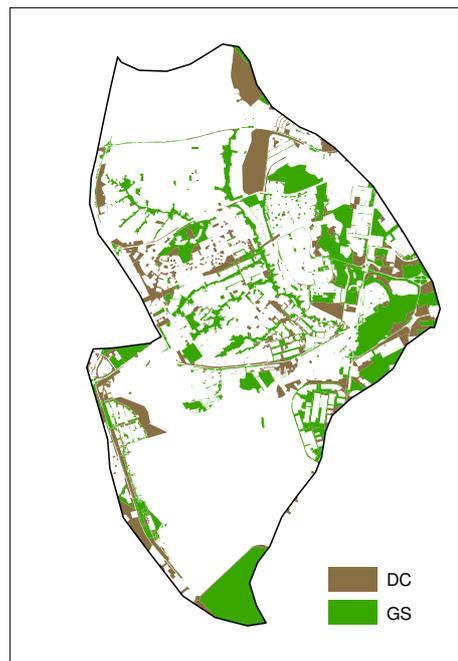


Figura 34 - Distribuição das classes UST na área urbana



**Figura 35 - Porcentagem das classes UST na parte urbana da bacia**

Essa quantidade de área degradada demonstra que a urbanização está em processo de consolidação. O solo exposto está distribuído em toda área de estudo, porém está presente principalmente nas áreas de expansão urbana, que possuem muitos canteiros de obra, tal como ocorre em Águas Claras e parte urbanizada de Riacho Fundo II. Com exceção do Setor Catetinho, extremo sul da área de estudo, a área verde está mais concentrada na parte Leste, mais próxima ao Plano Piloto, implicando a existência de temperaturas mais amenas, e melhor conforto térmico nessa parte da bacia.

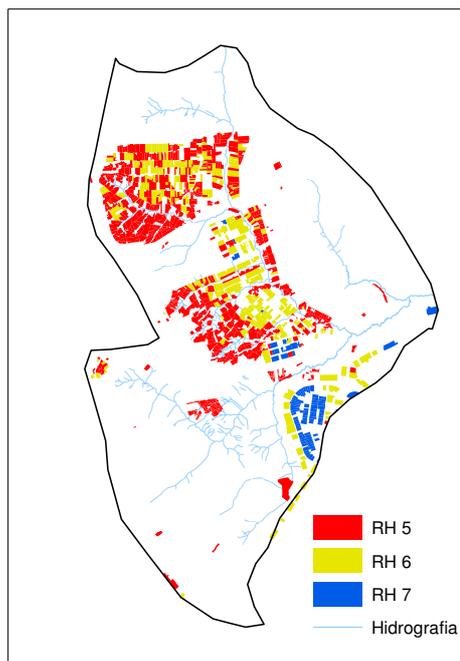


**Figura 36 - Distribuição da área verde e área degradada na área de estudo**

Na área urbana a porcentagem de área ocupada com construções exclusivamente residenciais é de 32%. Dentre as classes que possuem construções de uso exclusivamente residencial, estão RH 5 (unidades residenciais de casa com média ocupação) e RH 6 (unidades residenciais constituídas por casas com grandes quintais e piscina). A classe RH 5 está concentrada principalmente na região administrativa de Taguatinga, com 71,75% da área total da parcela dessa RA (áreas de recreação) que constitui a bacia. Essa classe pode ser identificada como uma classe de transição entre tipos de UST mais definidos, já que, a falta de padronização é o elemento que a caracteriza. A predominância de RH 5 reflete a falta de planejamento e é a classe em que o estabelecimento de padrões socioambientais é mais difícil.

As classes RH 6 são condomínios fechados inseridos em um contexto heterogêneo, com características morfológica e socioambientais distintas, como pode ser observado na Figura 37. Outra característica da classe RH 6 na área de estudo é sua localização, acompanhando os cursos de água. A classe RH 6 possui 47,21% da sua área na parcela de Taguatinga que constitui a área de estudo (agregando Águas Claras e Parque Way), seguido de 44,95% da sua área no Núcleo Bandeirante (também agregando parte do Parque Way).

A classe RH 7 (unidades residenciais constituídas por casas com grandes quintais e piscina em condomínios), por outro lado, está inserida em contexto mais homogêneo, rodeada pela classe RH 6 que apresenta composição morfológica semelhante. Ao contrário da classe RH 6, a classe RH 7 está localizada, necessariamente, perto da maior parte das infraestruturas urbanas e, conseqüentemente do Plano Piloto. A Classe RH 7 está localizada nas RA Núcleo Bandeirante e Lago Sul.

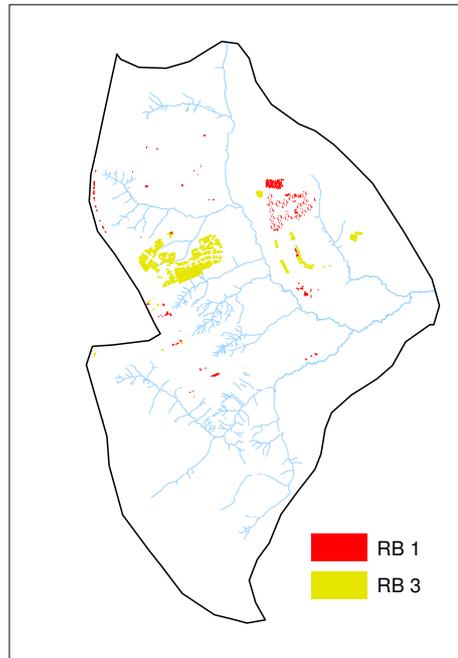


**Figura 37 - Distribuição das classes RH 5, RH 6 e RH 7 na área de estudo**

As classes RB 1 (unidades residenciais constituídas de apartamentos até 6 andares) e RB 3 (unidades residenciais constituídas de apartamentos até 35 andares) são as classes exclusivamente residencial do tipo apartamento. No Lúcio Costa (nas cercanias do Guará), a classe RB 1 está planejada em quadras constituídas de unidades da mesma classe, enquanto no Guará geralmente essa unidade está isolada em meio a moradias do tipo RH 4 (unidades residenciais de casa densamente construídas). As unidades da classe RB 1 encontradas na área de estudo estão 73,01% na porção do Guará e 19,28% na porção da RA Taguatinga.

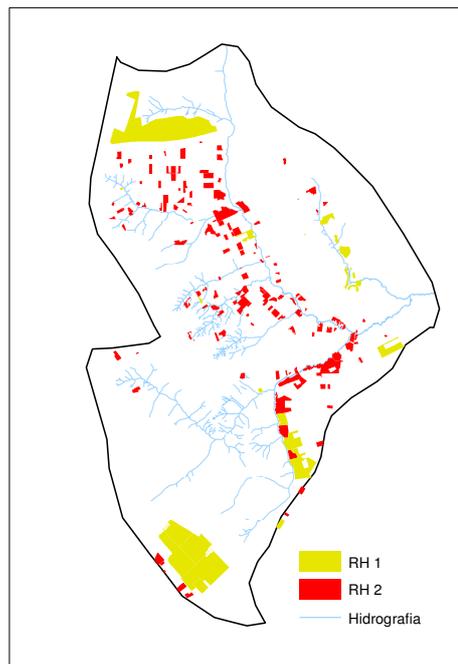
A Classe RB 3 é uma classe que não existia no Distrito Federal até poucos anos, fugindo do modelo tradicional de construções de Oscar Niemeyer, que existem nas áreas tradicionais de Brasília. Essa classe está concentrada na porção da RA Águas Claras e Taguatinga, que concentram 82,93%, deste tipo de ocupação, bem como em

poucas e recentes construções no Guará, correspondendo a 16,55%. Por ser áreas de ocupação em processo de consolidação, geralmente essa classe  rodeada pela classe DC (reas degradadas).



**Figura 38 - Distribuição das classes RB 1 e RB 3 na área de estudo**

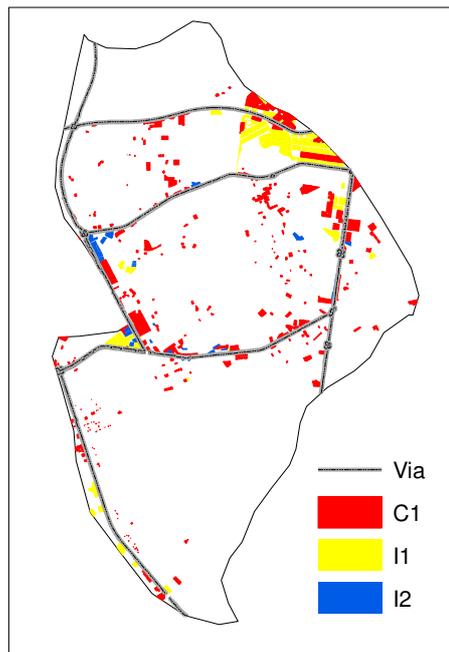
As classes RH 1 (unidades residências com baixíssima ocupação) e RH 2 (unidades residenciais com baixa ocupação) são as com a menor densidade demográfica, localizadas principalmente em áreas de transição a área rural e acompanham o curso de gua. Possuem alguns aspectos de área rural, como a existência de plantações na propriedade. A classe RH 1 possui 42,63% da sua área no Riacho Fundo; 35,45% na porção da RA Taguatinga; 16,66% no Núcleo Bandeirante e 5,26 % no Guará. A classe RH 2 possui 43,91% da sua área no Núcleo Bandeirante; 34,66% em Taguatinga, 12,76% no Guará e  menos expressiva nas porções do Gama, Riacho Fundo, Samambaia, Candangolândia presentes na bacia.



**Figura 39 - Distribuição das classes RH 1 e RH 2 na área de estudo**

As áreas exclusivas de comércio (C1) se encontram mais concentradas na parte Nordeste e extremo Oeste, assim como as áreas industriais (I1 e I2). Essas classes são agrupadas no entorno das vias principais, especialmente I1 e I2 que são tipos de uso que requerem a proximidade de estradas de fácil acesso, como é o caso da Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA-DF 003). A classe I1 possui a maior parte da sua área no Guará 75,43%, isso se deve ao Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) encontrado nessa RA. Já a classe I2 possui 74,86% da sua área na porção de Taguatinga que está na área da bacia.

A classe C1, apesar de possuir concentração maior no entorno das vias principais, especialmente quando se trata de grandes construções como é o caso de *shopping centers*, é pulverizada também entre as áreas residenciais. Essa classe existe em todas as RA, mas predomina na porção de Taguatinga com 34,53%, seguido pelo Guará com 32,8% e Núcleo Bandeirante com 12,88%. A distribuição dessas classes na área de estudo pode ser vista no mapa a seguir:

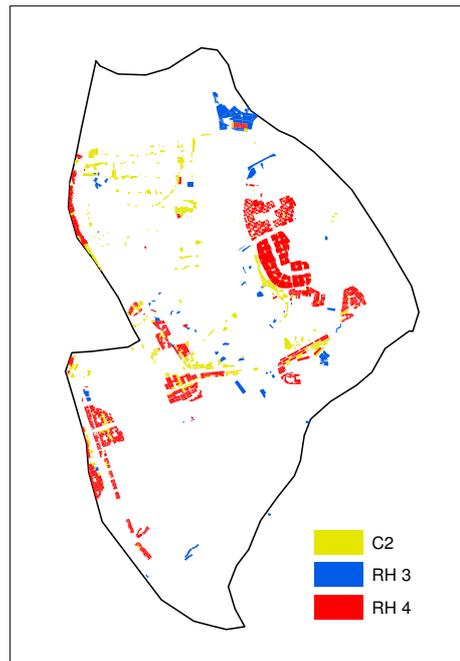


**Figura 40 - Distribuição das classes C1, I1 e I2 na área de estudo**

As unidades de comércio mistas (C2) são mais bem representadas na parcela das Regiões Administrativas de Taguatinga, 55,14%, Guará com 14,35% e Núcleo Bandeirante com 13,53%. Em C2 as moradias no andar superior são o uso secundário das construções, tipo quitinete, que surgiram inicialmente como áreas exclusivamente comerciais.

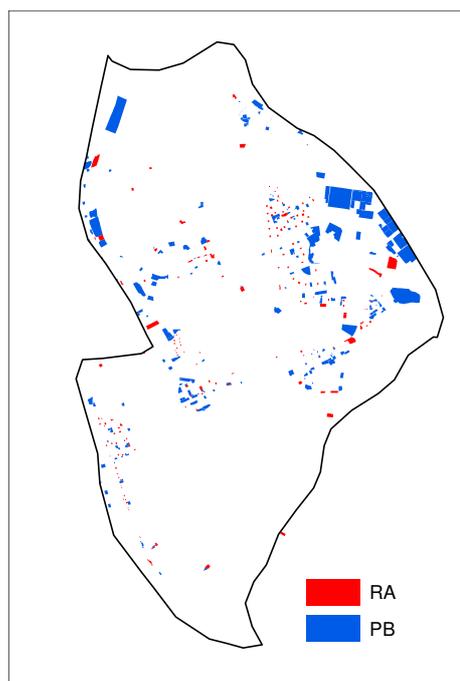
Pelo fato de ser um uso secundário dessas construções, a parte residencial possui vários problemas de infraestrutura, tais como pouca luminosidade e baixa circulação de ar, além de segurança precária e poluição sonora. As unidades mistas horizontais são aquelas em que não existe planejamento e controle do uso do solo. As lojas e moradias formam uma quadra sem critério de ocupação, comuns em áreas irregulares de ocupação recente.

A classe RH 4 (unidades residenciais densamente ocupadas) possui maior representatividade na parcela da área de estudo que corresponde ao Guará, 44,22%, seguindo por Riacho Fundo, 24,56% e Taguatinga com 12,9%. A Classe RH3 (áreas marginalizadas, periferias) possui maior representatividade na Vila Estrutural, onde se encontra a ocupação mais densa desse tipo.



**Figura 41 - Distribuição das classes C2, RH 3 e RH 4 na área de estudo**

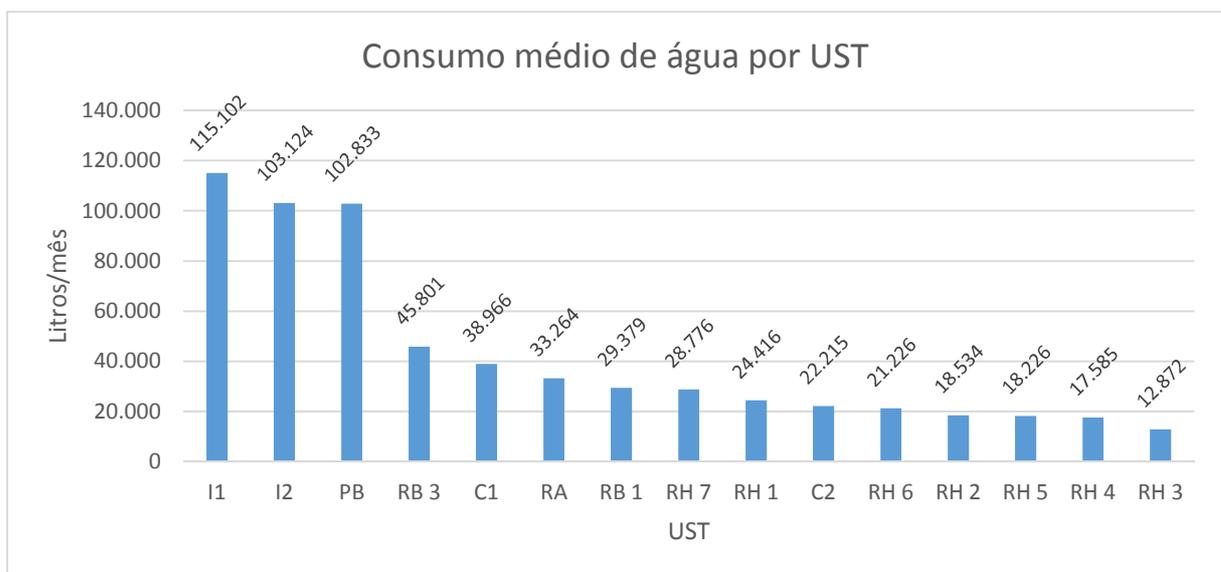
As classes PB (prédios públicos) e RA (áreas de recreação) estão concentradas na parte Leste, que é a porção onde fica Brasília, Guará e Núcleo Bandeirante e a presença dessas classes é um indicador de qualidade de vida, pois demonstra o acesso facilitado a serviços básicos de segurança, saúde, educação, lazer.



**Figura 42 - Distribuição de áreas de lazer e prédios públicos na área de estudo**

### 4.3. UST e o acesso aos recursos hídricos

A partir dos dados da média do consumo de água da Caesb (em m<sup>3</sup>/mês) de todas as ligações localizadas na bacia entre março de 2012 e abril de 2013 foi possível identificar padrões de consumo de água para cada classe UST. A distribuição de consumo de água para esse período na área de estudo foi coerente com a caracterização das classes, sendo os maiores valores observados nas áreas industriais (I1 e I2) com média de consumo de aproximadamente 115 m<sup>3</sup>/mês e moradias de alto padrão (RH 7 e RH 6) com média de consumo de aproximadamente 28 m<sup>3</sup>/mês enquanto que os menores valores estão nas áreas de moradias precárias e de acesso dificultado a infraestruturas (RH 3) com média de consumo de aproximadamente 12 m<sup>3</sup>/mês por residência.

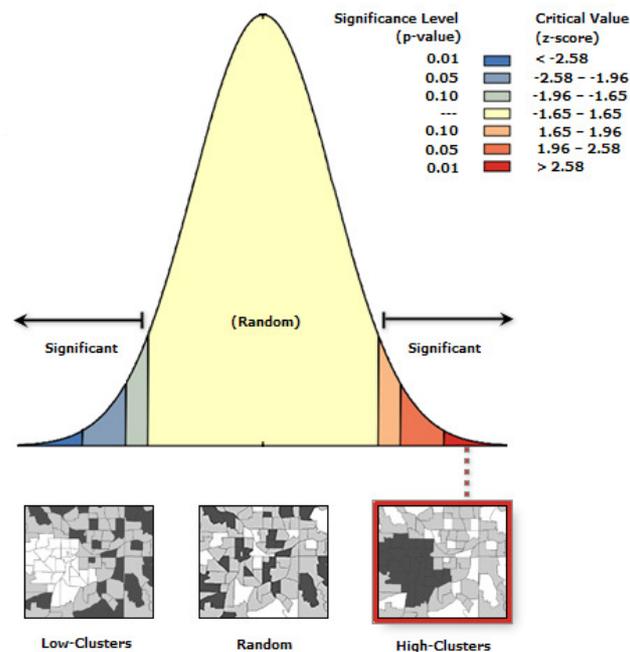


**Figura 43 - Consumo médio de água por UST**

A média de consumo de água relativamente elevada em RH 1 (unidades com baixíssima ocupação e características rurais), aproximadamente 24m<sup>3</sup>/mês, pode ser atribuída a atividades de agricultura desenvolvidas nessas unidades. A Classe RB 3 (unidades residenciais constituídas por prédios até 35 andares) possui também um valor elevado, juntamente com a classe RB 1 (unidades residenciais constituídas de prédios até 6 andares), que pode ser devido à grande quantidade de moradias por m<sup>2</sup>, já que representam classes do tipo apartamento de até 35 andares e seis andares respectivamente. Além disso, Na classe RB 3 existe gasto significativo de água pelo condomínio, na manutenção de piscinas, jardins e limpeza. A classe RA (áreas de

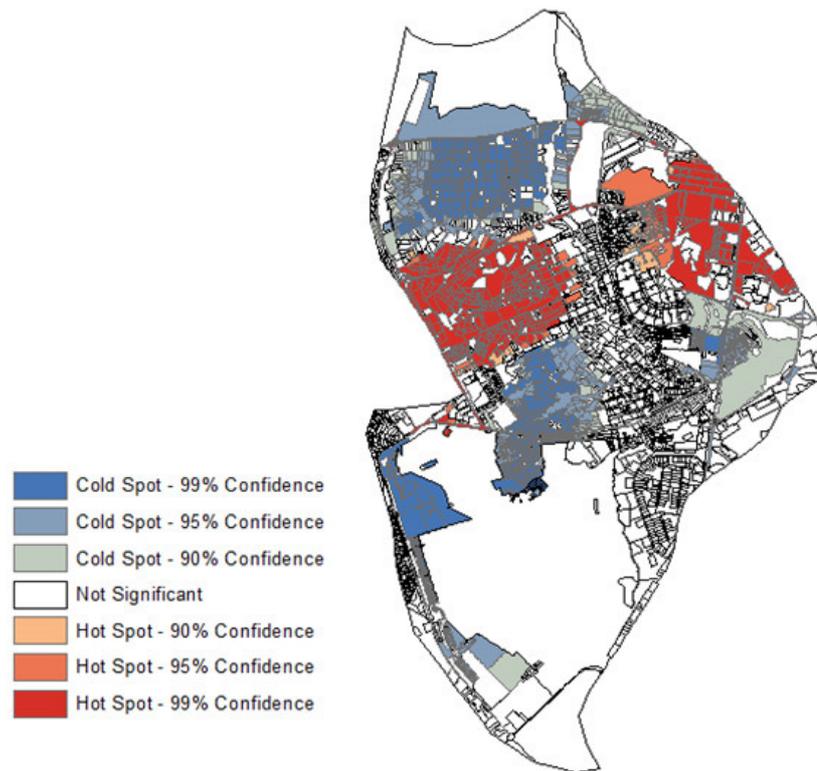
recreação), que representa áreas de recreação tem o alto valor associado a atividades de alto consumo como é o caso de clubes aquáticos.

A aplicação do Índice Global de Morans para os dados de água apresentou o seguinte resultado:



**Figura 44 - Aplicação do Índice Global de Moran para os dados de água**

Após a identificação da existência de distribuição agrupada para os dados de consumo de água na área de estudo a partir da aplicação do Índice Global de Moran, com nível de significância de 0,01 (90%), aplicou-se o índice de *Getis ORD GI\** por meio da ferramenta *Hot Spot Analysis (Getis –ORD GI\*)*. Essa ferramenta de análise estatística espacial gerou a Figura 45 como resultado, o agrupamento das médias de consumo de água mais elevado é apresentado em vermelho na parte superior Leste e Oeste da área de estudo e em azul o agrupamento das médias de consumo menos elevadas.



**Figura 45 – Agrupamento dos valores de consumo de água na área de estudo (área urbana e rural)**

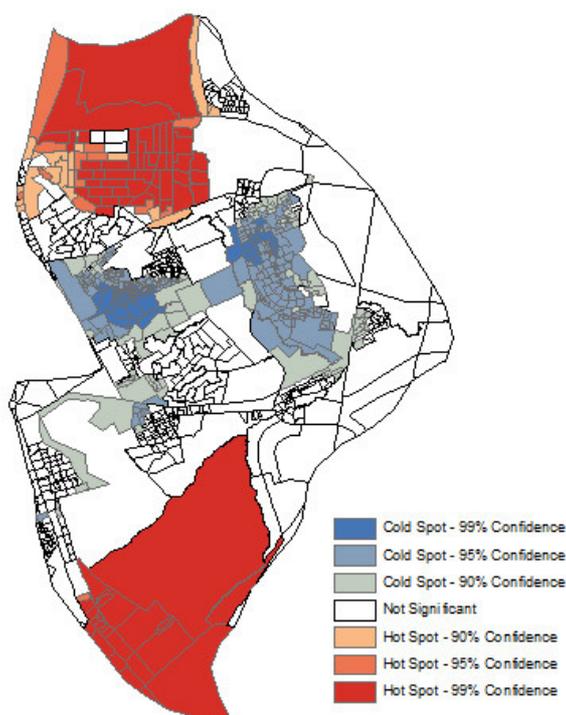
Esse agrupamento de valores mais elevados na parte Oeste corresponde a área onde há concentração de UST do tipo RB 3 (unidades residenciais constituídas por prédios até 35 andares) e na porção Leste, cuja a concentração é do tipo I1 (áreas exclusivamente industriais). Isso mostra a correlação dos dados de UST com o consumo de água, uma vez que era esperado que os condomínios de prédios até 35 andares, com piscina e jardins, apresentassem consumo de água mais elevado. Comportamento esperado também para unidades exclusivamente industriais.

A concentração dos dados com as menores médias de consumo de água mostrada em azul na parte Leste e Oeste correspondem predominantemente às áreas com classes tipo RH 1 (unidades residenciais com baixíssima ocupação), RH 2 (unidades residenciais com baixa ocupação) e RH 4 (unidades residenciais completamente construídas). Nas duas primeiras classes o baixo consumo era esperado por se tratar de áreas com densidade demográfica baixa. Em RH 4, apesar da grande densidade demográfica, são unidades que não contam com piscinas e jardins, ou outros equipamentos que implicam alto consumo de água. Essa classe pode ser constituída

majoritariamente por moradores que trabalham longe de suas residências e por isso passam a maior parte do dia fora de casa, voltando apenas no final do dia. Esse pode ser outro motivo associado a essa baixa média no consumo de água dessa classe.

Porém, as polarizações azuis localizadas na parte Norte e Centro Sul apresentam concentração de UST de alto padrão RH 6 (unidades residenciais constituídas por casas com grandes quintais e piscina) e RH 5 (unidades residenciais com média ocupação) respectivamente, fato que não se encaixa com a descrição UST. Após essa constatação de baixas médias de consumo de água para UST RH 6 de moradias de alto padrão, caracterizadas por serem unidades unifamiliares com piscina e jardins, foi levantada a hipótese de que o abastecimento de água nessas propriedades era feito por meio de poço ou nascente e não pela rede geral de abastecimento.

Realizando a mesma análise estatística espacial para os dados do Censo relativos ao abastecimento via poço artesiano ou nascente pelos polígonos do setor censitário, verificou-se a concentração de valores altos, agrupamento superior na cor vermelha, coincidente com o agrupamento de baixos valores de consumo de água gerado com os dados da rede geral de abastecimento por UST. O mapa com os resultados é apresentado a seguir:



**Figura 46 - Abastecimento de água por poço artesiano ou nascente em propriedade por setor censitário**

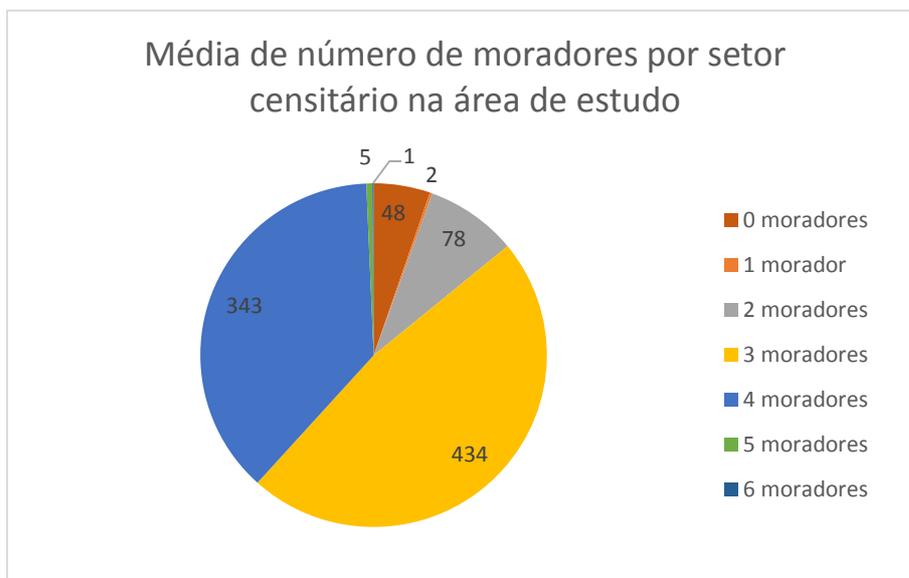
A polarização em azul para a UST RH 5 já era esperada uma vez que essa unidade é de média densidade de construção e constituída de morfologia muito diversa, dificultando a padronização do consumo e as variáveis socioambientais.

#### **4.4. UST como indicador de vulnerabilidade e parâmetro para análise socioambiental**

Os dados do Censo 2010 mostram que na área de estudo existem 487.411 moradores em domicílios particulares permanentes e isso equivale a aproximadamente 19% da população do Distrito Federal. A média de número de moradores por domicílios particulares permanentes na Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo é de 3,10.

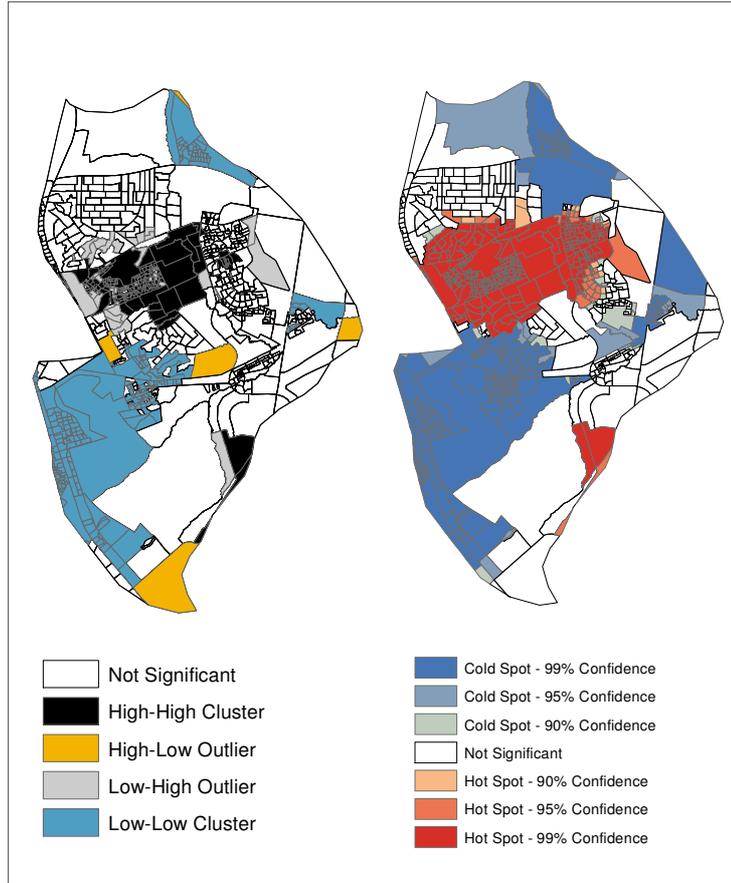
O valor máximo da média do número de moradores por domicílios por setor censitário chega a sete pessoas e o valor mínimo é zero, que corresponde as moradias inabitadas ou que não receberam o recenseador no domicílio. No entanto a maior

parte das moradias possuem média de menos de quatro habitantes, aproximadamente 96%. As moradias com mais de quatro habitantes se concentram preferencialmente nos fragmentos das RA Riacho Fundo e Guará. A média de número de habitantes por moradias nos setores censitários é apresentada a seguir:

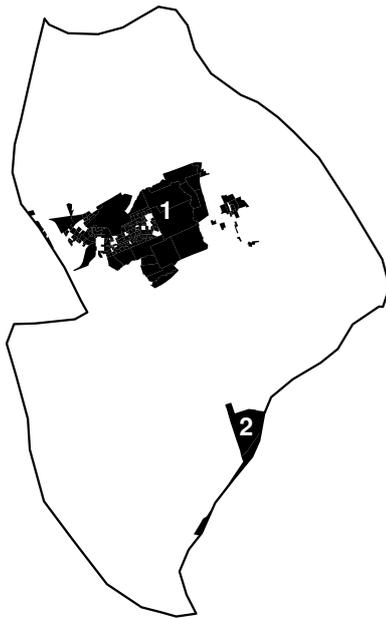


**Figura 47 – Média de número de moradores por setor censitário da bacia do Riacho Fundo**

O valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílio particular permanente é de R\$3.173,12, o valor máximo chega a R\$13.572,09 e o mínimo, dentre aqueles com rendimento é de R\$360,00. Aproximadamente 5% dos chefes de família da área de estudo não possuía rendimento, desses, cerca de 75% concentram-se na porção da RA Taguatinga. A seguir é apresentada a distribuição espacial da renda por setor censitário, utilizando o índice *Local Morans I* (ferramenta *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)*) e o índice *Getis –ORD GI\** (ferramenta *Hot Spot Analysis (Getis –ORD GI\*)*). É possível observar que, de forma geral, existe correspondência nas duas análises estatísticas, ou seja, os valores HH (*High-High Cluster*, em preto) estão localizados nos pontos de *Hot Spot* (em vermelho), assim como os valores LL (*Low-Low Cluster*, em azul) e *Cold Spot* (em azul).



**Figura 48 - Distribuição espacial da renda por setor censitário**



**Figura 49 - Agrupamento High-High, agrupamento de valores elevados para consumo de água**

Na Figura 48 é possível identificar, representados pelas manchas vermelhas e pretas, dois agrupamentos com altos valores de renda, *High-High* (HH), que são evidenciados na Figura 49. O agrupamento HH (1) apresenta uma grande diversidade de classes UST, com uma maior representatividade das classes RB 3 (unidades residenciais constituídas de prédios até 35 andares), seguida de RH 5 (unidades residenciais de média ocupação) e RH 6 (unidades residenciais constituídas por casas de alto padrão), conforme apresentado na Tabela 25. Esse agrupamento localiza-se nas porções de RA Taguatinga, na parte que corresponde a Águas Claras e Park Way.

**Tabela 25 - Porcentagem de classes no agrupamento HH (1)**

UST	% de classes
RB 3	28,78
RH 5	23,84
RH 6	19,48
RH 2	8,43
RH 4	7,85
C2	6,40
RB 1	2,91
RH 3	1,16
RH 7	0,87
RH 1	0,29

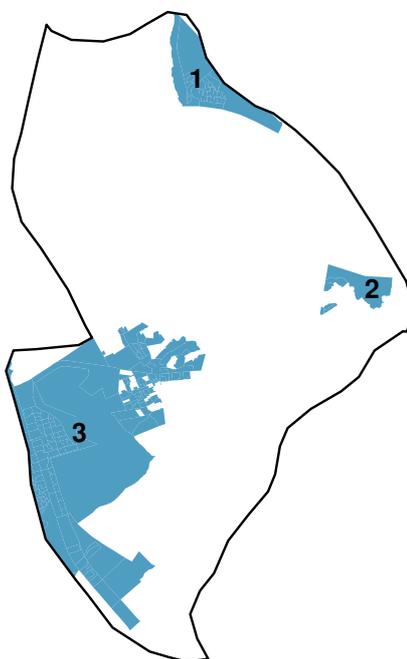
A outra concentração de altos valores de renda, representado por (2) na Figura 49 corresponde à porção da RA Núcleo Bandeirante (Park Way). Diferente de (1), essa área é constituída por uma baixa diversidade de classes, sendo essencialmente RH7 (unidades residenciais constituídas de casas de alto padrão em bairros nobres), representando 57,50% das classes UST dessa área, conforme apresentado na Tabela 26.

**Tabela 26 - Porcentagem de classes no agrupamento HH (2)**

UST	% de classes
RH 7	57,50
RH 6	30,00
RH 1	7,50
RH 2	5,00

São identificados três agrupamentos com baixos valores de renda, *Low-Low* (LL), na Figura 48, representados pela cor azul. Esses agrupamentos, destacados na Figura

50 correspondem à RA Guará (Vila Estrutural) (1); RA Candangolândia (2); e RA Riacho Fundo e Taguatinga (3).



**Figura 50 - Agrupamento Low-low**

O agrupamento 1 e 2 possuem predominância da classe UST RH 4, 73,89% e 70,59% respectivamente, já o agrupamento 3 possui 46,15% da classe RH 3 (periferias, favelas) e 39,42% da classe RH 4 (unidades residenciais constituídas por intensa construo). As porcentagens da quantidade de cada classe UST nesses três agrupamentos são apresentados a seguir.

**Tabela 27 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (1)**

UST	% de classes
RH 4	73,89
C2	14,52
RH 5	7,48
RH 3	1,52
RB 1	1,19
RH 1	0,54
RH 2	0,54
RH 6	0,22
RB 3	0,11

**Tabela 28 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (2)**

UST	% de classes
RH 4	70,59
C2	13,35
RH 5	7,09
RH 3	6,47
RB 1	1,15
RH 1	0,52
RH 2	0,52
RH 6	0,21
RB 3	0,10

**Tabela 29 - Porcentagem de classes no agrupamento LL (3)**

UST	% de classes
RH 3	46,15
C2	13,46
RH 4	39,42
RH 5	0,96

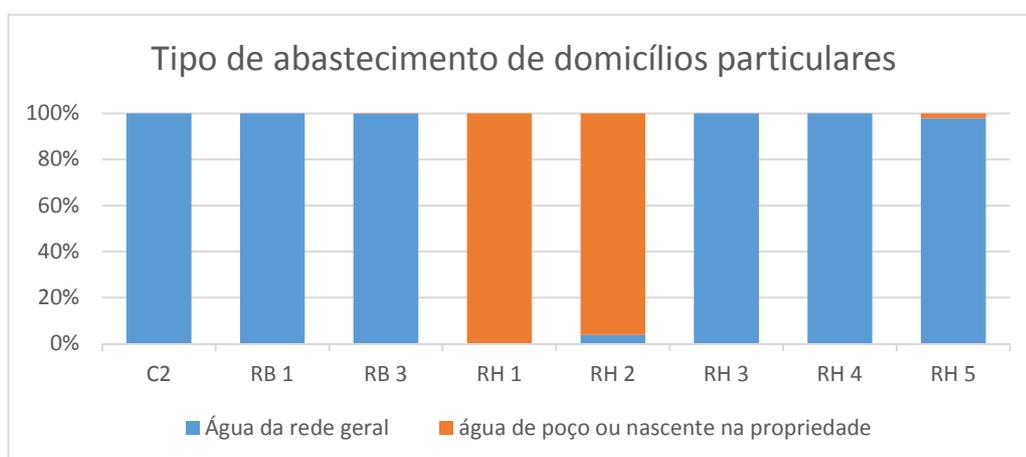
Essa correspondência entre os valores de renda e dados de UST é mais uma constatação da eficiência da base UST para representar aspectos socioambientais e econômicos e a existência da correspondência entre elementos morfológicos com aspectos funcionais.

#### **4.5. Transferência de dados por setor censitário para base UST**

A transferência de dados do setor censitário para base UST foi realizada com o intuito de identificar as variáveis selecionadas (Tabela 6) para as classes UST com domicílios (RH 1, RH 2, RH 3, RH 4, RH 5, RH 6, RH 7, RB 1, RB 3 e C2). Foram selecionados 291 setores censitários, constituídos por apenas uma das classes supracitadas e que não estivessem em área de fronteira, divididos em oito classes: 1 setor censitário da classe RH 2 (unidades residenciais de baixa ocupação); 2 da classe RH 1 (unidades residenciais de baixíssima ocupação); 16 da classe RH 3 (favelas, periferia); 14 da classe C2 (unidades mista de comércio e residência); 163 da classe RB 3 (unidades residenciais de apartamentos até 35 andares); 76 da classe RH 4 (unidades residências densamente ocupadas); 14 da classe RH 5 (unidades residenciais de média ocupação) e 5 da classe RB 1 (unidades residenciais de apartamentos até 6 andares). Não foram encontrados setores censitários compostos exclusivamente de classe RH 6 (unidades residenciais de alto padrão) e RH 7 (unidades residenciais de

alto padrão em bairros nobres), impossibilitando a correlação das variáveis do Censo sobre a base UST para essas classes.

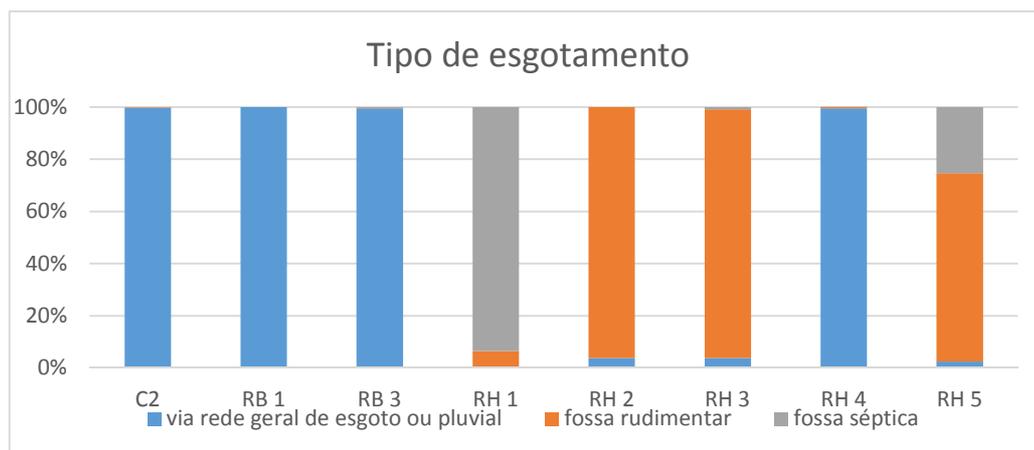
A partir das variáveis abastecimento por rede geral e abastecimento por poço ou nascente na propriedade foi obtido o tipo de abastecimento de água nos domicílios das UST selecionadas. Observa-se que as classes RH 1 (unidades residenciais de baixíssima ocupação) e RH 2 (unidades residenciais de baixa ocupação) possuem abastecimento predominante por nascente ou poço, fato já esperado devido as características rurais e dificuldade no acesso à infraestrutura dessas classes UST.



**Figura 51 - Tipo de abastecimento de domicílios particulares**

Para a análise seguinte foram utilizadas três variáveis censitárias acerca do tipo de esgotamento, podendo ser via rede geral de esgoto ou pluvial; via fossa séptica; e mediante fossa rudimentar. Outras variáveis do Censo não foram incluídas no resultado dessa pesquisa, pois não apresentaram números significativos, como é o exemplo de valas ou outros escoadouros.

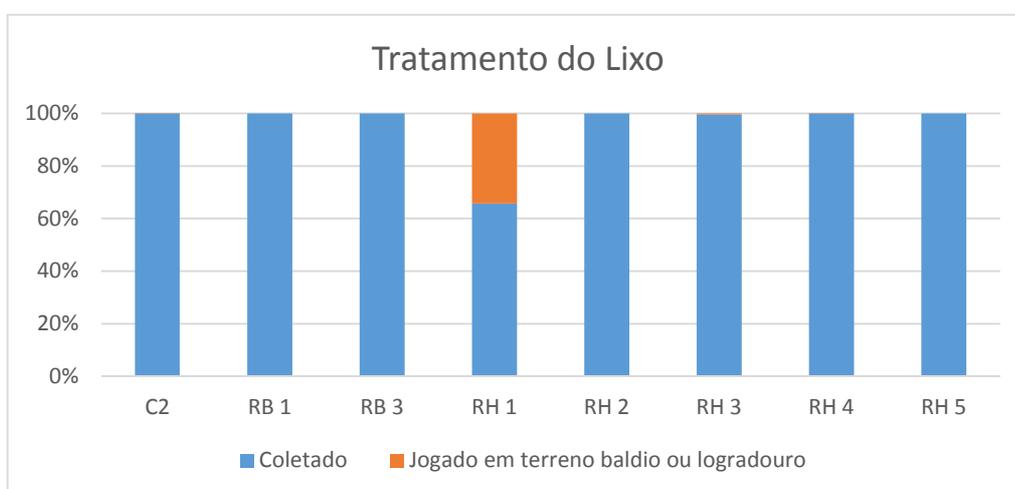
O resultado dessa análise foi ao encontro da caracterização das classes UST. Em áreas com maior infraestrutura urbana, identificou-se que quase todas as residências utilizam a rede geral de esgoto, enquanto em áreas precárias em infraestrutura, como as construções em áreas irregulares ou próximas de assentamentos rurais, como é o caso de RH 1, observou-se a utilização de sistemas alternativos de esgotamento.



**Figura 52 – Variáveis censitárias sobre o tipo de esgotamento**

Quanto ao tratamento do lixo, foram utilizadas duas variáveis do Censo, uma referente ao lixo coletado e outra a lixo jogado em terreno baldio ou logradouro. Não foram encontrados casos de domicílios que enterram o lixo na propriedade ou ainda aqueles que jogam o lixo em rios e lagos. Por esse motivo, as variáveis censitárias que contemplam essas informações foram descartadas do resultado.

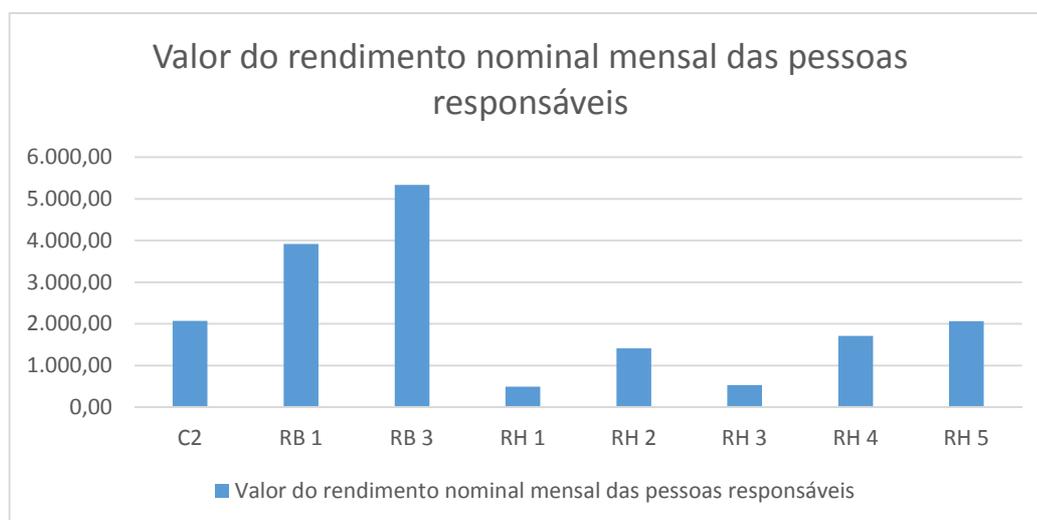
A análise mostrou que todas classes UST apresentaram resultado similar, informando que o lixo é coletado, com exceção da classe RH 1 (unidades residenciais de baixíssima ocupação). Esse valor é justificado pelas características desta classe, pois não possui infraestrutura urbana e encontra-se em áreas rurais no processo inicial de parcelamento irregular.



**Figura 53 - Tratamento do lixo**

Para a análise do valor do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis por domicílios, foi utilizado apenas uma variável censitária, que informa a média da renda nominal para cada setor censitário. Essa análise se distinguiu das demais na forma como foram extraídos os dados. Enquanto os outros foram calculados em proporção de 1 hectare, esse foi feito em relação a todo o setor censitário. Essa diferença foi necessária, pois o mesmo valor informado ao setor censitário pode ser entendido como o valor da classe UST.

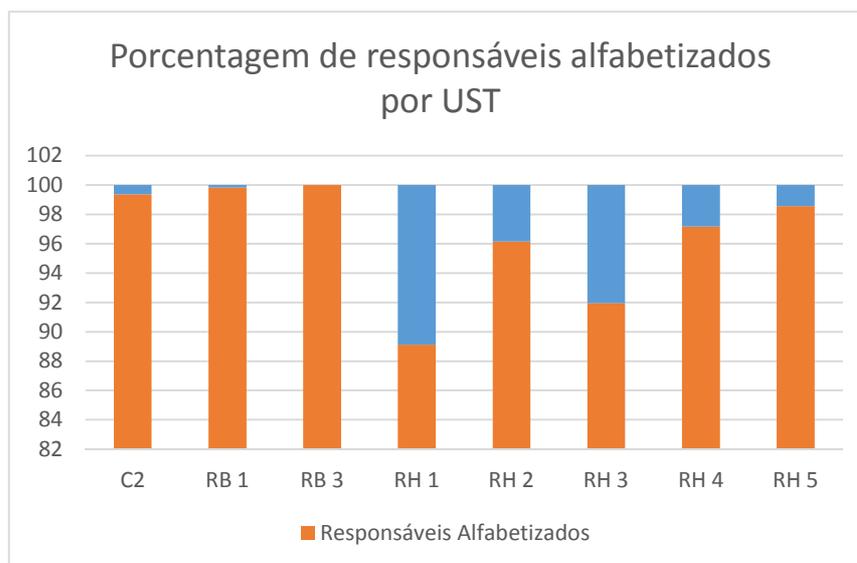
Assim, observou-se que o valor do rendimento mensal acompanhou o nível de urbanização da classe UST, concluindo que os responsáveis com maior poder aquisitivo habitam áreas com mais acesso à infraestrutura urbana. As menores médias de rendimentos foram encontradas em RH 1, unidades residenciais de baixíssima ocupação, (R\$496,70), seguido por RH 3, favelas, (R\$534,02). As classes com maior rendimento mensal são RB 3, apartamentos até 35 andares, (R\$5.336,55) seguida por RB 1, apartamentos até 6 andares, (R\$3.919,12).



**Figura 54 - Valor do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares**

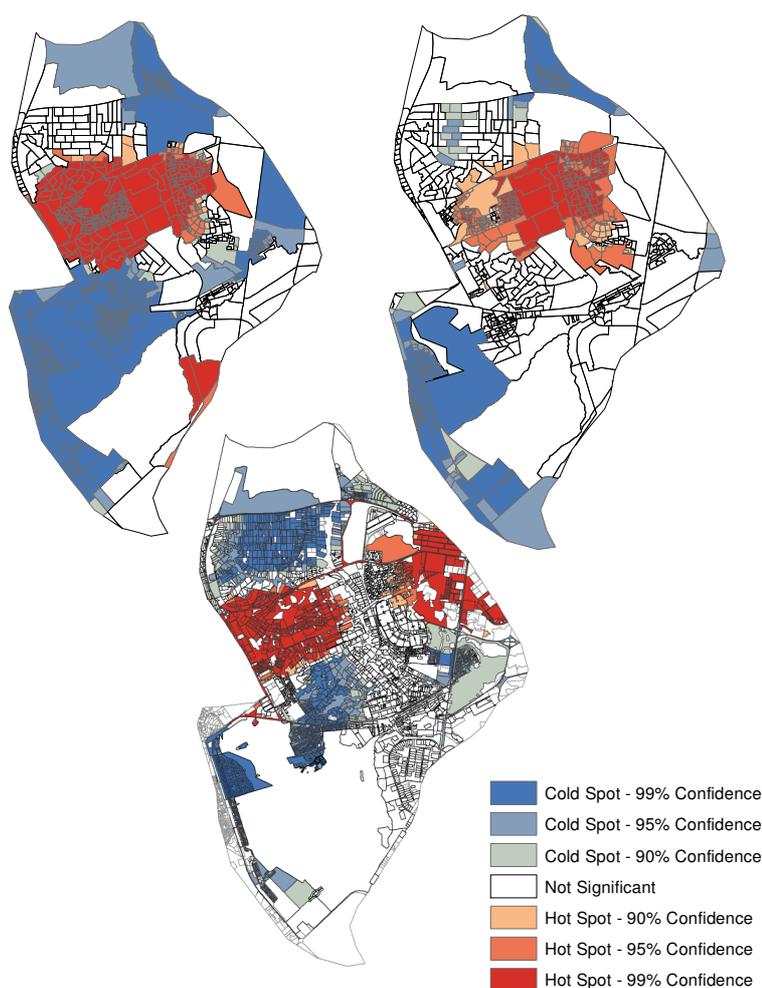
Para a análise de responsáveis alfabetizados (Figura 55), foi feita uma relação entre o número de responsáveis por setor censitário e o número de responsáveis alfabetizados. Observando o resultado da análise anterior, sobre a renda nominal, observou-se ligação direta entre esses dois dados. Nas classes com maior renda, foi identificado também maior nível de alfabetização.

Em RH 3 pensa-se que esse índice é justificado pelas características intrínsecas a essa classe UST. Já em RH 1, acredita-se que, o principal motivo para a taxa de analfabetismo nessa classe decorra do precário acesso à infraestrutura urbana o que dificulta a frequência escolar. É possível ainda, considerar que em áreas relativamente rurais se concentre os segmentos e grupos populacionais historicamente mais vulneráveis.



**Figura 55 - Porcentagem de responsáveis alfabetizados em domicílios particulares por UST**

Essa correspondência dos valores de renda e analfabetismo pode ser evidenciada também a partir da aplicação do índice de *Getis ORD GI\** (Figura 56). A espacialização dos indicadores socioeconômicos renda, obtido pela variável do Censo: valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento); e analfabetismo, obtido pela variável: responsáveis alfabetizados com 10 ou mais anos de idade em domicílio particulares permanentes foram aplicados para sobre a base do setor censitário e comparados com a média de consumo de água mensal aplicado sobre a base UST.



**Figura 56 - Hot Spot Renda (lado superior esquerdo); Analfabetismo (lado superior direito) e Consumo de água (embaixo)**

Essa figura mostra uma relação no agrupamento dos indicadores de renda, alfabetismo e consumo de água, refletindo a existência de correspondência dos diversos indicadores socioeconômicos e ambientais a partir do uso da abordagem UST. Foi constatado alguns pontos de maior vulnerabilidade na bacia, como é o caso da classe RH 3 (periferia) concentrada na Vila Estrutural que apresenta baixos valores de renda (média mensal de R\$534,02), consumo de água (média de 12,87 m<sup>3</sup>/mês por domicílio), alfabetismo (91,96%), o principal tipo de esgotamento sanitário é fossa rudimentar (95,28%). Esses valores são contrastantes com os da classe RB 3 (unidades constituídas de prédios até 35 andares), concentrada na porção da RA Águas Claras que apresenta um dos maiores valores nesses mesmos índices: renda (R\$5.336,55), consumo de água (média de 45,80m<sup>3</sup>/mês por domicílio), alfabetismo

(100%) e o principal tipo de esgotamento sanitário é via rede geral (99,53%). Essas diferenças revelam que a desigualdade não existe só na esfera econômica, mas também são refletidas no acesso a ecosserviços e infraestrutura.

## 5. CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi possível investigar a aplicação da UST para a Bacia Hidrográfica do Riacho Fundo, a partir da correlação com variáveis do Censo 2010 e dados de consumo de água da Caesb. Observou-se que as características morfológicas e funcionais das classes UST possuem correlação com a taxa de consumo de água, acesso à infraestrutura e ecosserviços.

Essa correlação reflete diretamente a qualidade de vida dos habitantes em cada um desses diferentes tipos de assentamento. Informações sobre desigualdades na qualidade de vida e infraestrutura entre as diferentes regiões administrativas já existe. Mas a base UST fornece um diagnóstico espacial dentro da área intraurbana, ou seja, expõem as vulnerabilidades, que são mapeadas, possuem endereço. A possibilidade de mapear vulnerabilidades intraurbanas mostra que a base UST pode ser eficiente para entender o sistema urbano e prover informações para uma gestão equitativa da cidade e dar subsídios ao planejamento sustentável e inteligente, voltado à diminuição das inequidades sociais.

Entretanto, foram percebidas algumas limitações quanto à aplicação dessa abordagem. Tais limitações se relacionam principalmente aos dados disponíveis para realização do trabalho que ainda apresentam problemas quanto a riqueza de detalhes, como baixa precisão, ausência de metadados e padronização. Sendo a classificação UST muito dependente de dados secundários, a qualidade e quantidade desses dados podem tornar o uso dessa base mais ou menos eficiente.

Além da qualidade e disponibilidade de dados secundários, a precisão da classificação é totalmente dependente do conhecimento da área e validação em campo, essas restrições podem dificultar a aplicação da metodologia. Além disso, observou-se que o método visual manual de classificação não fornece resultados com tanta rapidez como é o caso do método automático ou semiautomático de classificação. Porém, é preciso enfatizar, que o método visual manual por interpretação visual fornece classificação mais confiável, que pode ser atualizada rapidamente a partir de dados institucionais e novas imagens de sensoriamento remoto.

Durante a classificação houve maior dificuldade na identificação das áreas de ocupação onde há grande diversidade quanto ao elemento morfológico, como é o caso da classe RH 5. Essas unidades residenciais de média ocupação, não possuem características bem definidas, podendo ser caracterizada como classe de transição. Quando a ocupação mista decorre de pouco ou nenhum planejamento de uso do solo, como se observa na classe RH 5, a abordagem UST pode ser prejudicada, uma vez que, nesses casos, a unidade mínima é menor que uma quadra.

Apesar dessas limitações, as análises realizadas neste estudo mostraram resultados positivos quanto à utilização da UST como indicador de vulnerabilidades e parâmetro para análise socioambiental. Na análise espacial descritiva, foi possível identificar diversos aspectos quanto à UST, como a proximidade de indústrias e comércios de grandes vias de transporte, contexto em que cada classe está inserida e configuração do tecido urbano. A informação gerada nesses resultados indica uma gama de possibilidades de estudo.

Indo além da análise descritiva das classes UST, a correlação da base UST com dados de consumo de água e as variáveis censitárias, mostrou-se eficiente, revelando novas informações antes mascaradas pela forma de apresentação por setores censitários. Foi possível, por exemplo, com as informações de consumo de água, identificar que certas regiões apresentam baixo consumo, porém isso se deve ao fato dessas áreas utilizarem métodos alternativos de abastecimento de água como poços artesianos.

Já na correlação com os dados censitários, foi possível relacionar a renda nominal dos responsáveis por domicílios com a porcentagem de alfabetização deste grupo. Esses resultados só foram possíveis devido à correlação com UST, pelo fato das classes UST terem valores socioambientais agregados, diferente dos setores censitários, que são simples demarcações territoriais.

Ao contrário de outras metodologias para organização e entendimento do sistema urbano, a abordagem UST oferece vantagem, uma vez que o resultado da análise agrega mais valor e significado a cada classificação, oferecendo assim maior robustez a essas classes em análises exploratórias futuras. Foi possível constatar por meio

deste estudo que a construção de uma base de dados confiável pode ser alimentada com distintas informações.

Além disso, a agregação de dados de diversos aspectos permite melhor entendimento do sistema urbano, que se apresenta cada vez mais dinâmico e complexo com a produção e reprodução de espaços geográficos pouco explorados, como é o caso da agricultura urbana. O entendimento sistêmico do ecossistema urbano possibilita a organização espacial que favoreça a otimização no uso de recursos, principalmente no que se refere aos recursos hídricos.

Dada a importância dos recursos hídricos para a sobrevivência humana, sua falta levará ao aumento da vulnerabilidade, principalmente, dos grupos e segmentos que historicamente estão à margem na esfera social. Assim a base UST revela-se ferramenta importante não apenas para analisar os aspectos físicos do tecido urbano, mas para permitir que as diferenças socioculturais e econômicas impregnem os estudos em geociências, conferindo-lhes a dimensão ecossistêmica, imprescindível aos modelos analíticos atuais.

Diante disso, pode-se considerar apropriado o uso da abordagem UST em estudos futuros indicando que pode ser usado também para previsão de demanda hídrica, construção de cenários, perspectivas e prospectivas de desenvolvimento sustentável, análise do consumo de água levando em consideração aspectos de sazonalidade, custo e outras fontes de abastecimento além da Caesb. Nesse sentido cabe reiterar que a abordagem UST demonstrou ser ferramenta apropriada para o desenvolvimento de processos analíticos e propostas concretas pelo grupo Água-DF, contribuindo, assim, na melhoria da gestão hídrica no Distrito Federal.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADASA. **ADASA**, 2013. Disponível em: <www.adasa.df.gov.br>. Acesso em: 16 janeiro 2013.

ADASA. Drenagem de Águas Pluviais - Publicações. **ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\_content&view=article&id=848:drenagem-de-aguas-pluviais-publicacoes&catid=74>. Acesso em: 19 setembro 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas Brasil, abastecimento urbano de água**. [S.l.]: [s.n.], v. 1, 2010.

ALMEIDA, C. M. D.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

ARAGÃO, S. O estudo dos tipos-interfaces entre tipologia e morfologia urbana e contribuições para o entendimento da paisagem. **Geosul**, Florianópolis, v. 21, p. 29-43, Julho 2006. ISSN 42.

BANZHAF, E.; HESE, S. Socio-ecological implication in water stress and urban growth modeling in Brasília. **Geo Öko**, Germany, 2010.

BANZHAF, E.; HÖFER, R. Monitoring urban structure types as spatial indicators with CIR aerial photographs for a more effective urban environmental management. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Leipzig, Germany, v. 1, n. 2, p. 129-138, Junho 2008.

BANZHAF, E.; HÖFER, R.; EBERT, A. Banzhaf, E., and R. Höfer, and A. Ebert, "Delineating urban structure types (UST) in a heterogeneous urban agglomeration with VHR and TerraSAR-Xdata. **IEEE Urban Remote Sensing Joint Event**, 2009.

BANZHAF, E.; HÖFER, R.; ROMERO, H. Analysing dynamic parameters for urban heat stress incorporating the spatial distribution of urban structure types. **IEEE Urban Remote Sensing Joint Event**, 2009.

BASTOS, V. D. S. B.; FONSECA, L. M. G. **Utilização de ferramentas de geoprocessamento para a construção de um índice de qualidade urbana**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu, PR.: [s.n.]. 2013.

BECKER, B. K. **Manual do Candidato Geografia**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA, 1999.

BERNARDI, H. V. F. et al. **Classificação digital do uso do solo comparando os métodos “pixel a pixel” e orientado ao objeto em imagem QuickBird**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Florianópolis: [s.n.]. 2007. p. 5595-5602.

BESUSSI, E. et al. **Chapter 2 - The Structure and Form os Urban Settlements in Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, Remote Sensing and Digital Image Processing 10**. London: Springer Science+Business Media B. V., 2010.

BRASIL. **Constituição Federal**. Brasília: Sernado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei 8.171, de 27 de janeiro de 1991**. Brasília: [s.n.], 1991.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Aneel**, 1997. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei1997433.pdf>>. Acesso em: 20 junho 2013.

BYRNES, J. A short institutional and regulatory history of the Australian urban water sector. **Utilities Policy**, 2013. 11-19.

CALVINO, Í. **As cidades invisíveis**. 2ª. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

CAMARGO, E. C. G. **Análise espacial de dados geográficos**. São Paulo: INPE, 2000.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANOÁ. **MOÇÃO Nº 02, DE 18 DE OUTUBRO DE 2011**. Governo do Distrito Federal. Brasília, p. 2. 2011.

CONCAR. Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB). Conteúdo de Metadados Geoespaciais em conformidade com a norma ISO 19115:2003. **concar.ibge**, 2009. Disponível em: <[http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Perfil\\_MGB\\_Final\\_v1\\_homologado.pdf](http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Perfil_MGB_Final_v1_homologado.pdf)>. Acesso em: 18 junho 2014.

CUTTS, T. et al. Utilization of Hot Spotting to Identify Community Needs and Coordinate Care for High-Cost Patients in Memphis, TN. **Journal of Geographic Information System**, Memphis, USA, 6 fevereiro 2014. 23-29.

DECKER, B.; HÉCIMOVIC, H.; WOLEK, M. Sustainable Urban Mobility Planning in Central Eastern Europe: case examples from Poland and Croatia. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 2012. 2748-2757.

DEUS, L. R. D.; FONSECA, L. M. G.; SOUZA, I. D. M. E. **Criação de um índice de condição socioambiental com múltiplos parâmetros para avaliação da qualidade ambiental urbana**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu, PR.: [s.n.]. 2013.

DISTRITO FEDERAL. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal - PIGRH**. Brasília: [s.n.], v. I, 2012.

DISTRITO FEDERAL. **Distrito Federal em síntese**: informações socioeconômicas e geográficas 2012. Brasília: [s.n.], 2013.

DOMÈNECH, L.; MARCH, H.; SAURÍ, D. Degrowth initiatives in the urban water sector? A social multi-criteria evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona. **Journal of Cleaner Production**, p. 44-55, 2013.

DRUCK, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004.

DZIDIC, P.; GREEN, M. Outdoing the Joneses: Understanding community acceptance of an alternative water supply scheme and sustainable urban design. **Landscape and Urban Planning**, 2012. 266-273.

ELLIS, J. B.; REVITT, D. M. Quantifying Diffuse Pollution Sources and Loads for Environmental Quality Standards in Urban Catchments. **Water Air Soil Pollut: Focus 8**, p. 577–585, 2008.

FERGUSON, B. C.; BROWN, R. R.; DELETIC, A. Diagnosing transformative change in urban water systems: Theories and frameworks. **Global Environmental Change**, 2013. 264–280.

FREITAS, M. D.; RANGEL, D.; DUTRA, L. Gestão de recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional de Águas. **III Encuentro de las Aguas.**, Santiago de Chile, 2001. 1-10.

FRÖHLICH, B. et al. **Land cover classification of satellite images using contextual information**. The ISPRS Workshop on 3D Virtual City Modeling. Regina, Canada: [s.n.]. 2013. p. 1-6.

GDF; ADASA; ECOPLAN. **PGIRH/DF. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal PGIRH/DF, RELATÓRIO FINAL, DIAGNÓSTICO**. Brasília, DF: [s.n.], v. 1, 2012.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. D. S. **Geomorfologia Ambiental**. 4<sup>a</sup> ed. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

HARMANCIOGLU, N. B.; FEDRA, K.; BARBAROS, F. Analysis for sustainability in management of water scarce basins: the case of the Gediz River Basin in Turkey. **Desalination 226**, 2008. 175–182.

HECHT, R. et al. Automatic Derivation of Urban Structure Types from Topographic Maps by Means of Image Analysis and Machine Learning. **Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development Germany**, Leibniz, Germany, 2013.

HEINEBERG, H. German geographical urban morphology in an international and interdisciplinary framework. **Urban Morphology**, v. 11(1), p. 5-24, 2007. ISSN 1027-4278.

HEROLD, M.; LIU, X.; CLARKE, K. C. Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Santa Barbara, Estados Unidos, v. 69, No. 9, p. 991-1001, Setembro 2003.

HERRERA, M. et al. Predictive models for forecasting hourly urban water demand. **Journal of Hydrology** **387**, 2010. 141–150.

HÖFER, R. **Thesis - Remote sensing based derivation of urban structure types to assess hydro-meteorological impacts in highly dynamic urban agglomerations in Latin America**. Freiburg im Breisgau, German: Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs-Universität, 2013. Disponível em: <[http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/9218/pdf/ReneHoefer\\_printversion.pdf](http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/9218/pdf/ReneHoefer_printversion.pdf)>. Acesso em: 2013.

HÖFER, R. et al. **Chapter 7 Urban Structure Types and their impact on water resources: a case study in the Distrito Federal do Brazil**. [S.l.]: [s.n.], 2013.

HUANG, C.-L. et al. Urban water metabolism efficiency assessment: Integrated analysis of available and virtual water. **Science of the Total Environment**, 2013. 19-27.

JIANGUO WU, C. H. G. H. A. D. Y. Chapter 3 Urban Landscape Ecology: Past, Present, and Future. **Landscape Ecology for Sustainable**, p. 37-53, 2013.

KETTELHUT, J. T. S. **Breve Histórico do Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

KETTELHUT, J. T. S. CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <[http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=133&Itemid=>](http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=133&Itemid=>). Acesso em: 6 junho 2013.

KÖRTING, T. S. **Classificação de Imagens por Regiões**. São José dos Campos: Inpe, 2006.

KRELLENBERG, K.; HÖFER, R.; WELZ, J. Dinámicas recientes y relaciones entre las estructuras urbanas y socioeconómicas en Santiago de Chile: el caso de Peñalolén. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago, v. 48, p. 107-131, 2011.

LI, F. et al. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City. **Landscape and Urban Planning**, 2009. 134–142.

LIM, S.-R. et al. Urban water infrastructure optimization to reduce environmental impacts and costs. **Journal of Environmental Management**, 2010. 630–637.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. 1ª. ed. Planaltina DF: Embrapa, 2001.

LIU; YANG. The structure, evolution and sustainability of urban sócio-economic system, 2011.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 20<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2012.

MCGRANAHAN, G.; MARCOTULLIO, P. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**. EUA: Millenium Ecosystem Assessment, v. Volume I, 2005.

MENEZES, P. H. B. J. **Dissertação de mestrado. Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na Bacia do Lago Paranoá**. Brasília: Universidade de Brasília; Instituto de Geociências, 2010.

MENEZES, P. H. B. J. et al. Análise da Evolução do Padrão de uso e ocupação do solo na bacia de contribuição do Lago Paranoá - DF. **Estudos Geográficos (UNESP)**, São Paulo, v. 8, p. 88, 2012.

MITCHELL, A. **The ESRI Guide to GIS Analysis**. 1a ed. ed. California, EUA: ESRI Press, v. Volume II: Spatial Measurements & Statistics, 2005.

MMA, M. D. M. A.; SRH, S. D. R. H. **Recursos Hídricos, Conjunto de Normas Legais**. Brasília: 3<sup>a</sup> ed., 2004.

MOGLIA, M. et al. Application of the Water Needs Index: Can Tho City, Mekong Delta, Vietnam. **Journal of Hydrology**, 2012. 203–212.

MOON, K. et al. **Adaptation of the Urban Structure Type Approach for the Assessment of Climate Change Risks in Ho Chi Minh City**. 45 ISOCARP Congress. [S.l.]: [s.n.]. 2009. p. 1-7.

MÜLLER, E. **"Berlin-Zehlendorf. Versuch einer Kulturlandschaftsgliederung"**. Berlin: Tese de PhD, 1965.

NOVACK, T. **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema Interimage e imagens do sensor Quickbird**. São José dos Campos: Inpe, 2009.

OKUN, D. A. Water reclamation and nonpotable reuse: an option for meeting urban water supply needs. **Desalination** 106, 1996. 205-2 12.

PASSO, D. P. **Análise da qualidade de classificadores para identificação de alvos urbanos em imagens de alta resolução espacial - uma aplicação com as imagens do satélite Worldview II**. Brasília: Unb, 2013.

PAULEIT, S.; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and Urban Planning** , Freising, Alemanha, v. 52 , p. 1-20, Julho 2000.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L. Advancing urban ecological studies: Frameworks, concepts, and results from the Baltimore ecosystem study. **Austral Ecology**, v. 31, p. 114-125, 2006.

RAITH, E. **Stadtmorphologie - Annäherungen, Umsetzungen, Aussichten**. [S.l.]: Universität Wien, 1998.

REHAN, R. et al. Financially sustainable management strategies for urban wastewater collection infrastructure – development of a system dynamics model. **Tunnelling and Underground Space Technology**, 2013. 1-14.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

RYGAARD, M.; BINNING, P. J.; ALBRECHTSEN, H.-J. Increasing urban water self-sufficiency: New era, new challenges. **Journal of Environmental Management**, 2011. 185-194.

SALIM, A.; LUCHIARI, A. **Utilização de geotecnologias para inferências populacionais no espaço urbano do município de Guarulhos-SP**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Foz do Iguaçu: [s.n.]. 2013. p. 0794-0801.

SÁNCHEZ-ROMÁN et al. DYNAMIC SYSTEMS APPROACH TO ASSESS AND MANAGE WATER RESOURCES IN RIVER BASINS. **Sci. Agric.**, Piracicaba, Brazil, v. v.66, n.4, p. 427-435, July/August 2009. ISSN 429.

SANCHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados 21(59)**, 2007. 1-18.

SA-NGUANDUAN, N.; NITITVATTANANON, V. Strategic decision making for urban water reuse application: A case from Thailand. **Desalination**, 2011. 141-149.

STEWART, I.; OKE, T. **CLASSIFYING URBAN CLIMATE FIELD SITES BY “LOCAL CLIMATE ZONES”**: THE CASE OF NAGANO, JAPAN. The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July. Yokohama, Japan: [s.n.]. 2009. p. 5.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

THORÉN, K. H. "The green poster" A method to evaluate the sustainability of the urban green structure. **Elsevier Science - Environmental Impact Assessment Review**, 2000. 359-371.

UMAPATHI, S.; CHONG, M. N.; SHARMA, A. K. Evaluation of plumbed rainwater tanks in households for sustainable water resource management: a real-time monitoring study. **Journal of Cleaner Production**, 2013. 204-214.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects The 2007 Revision Highlights**. New York: [s.n.], 2008.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly: 64/292 - The human right to water and sanitation**. [S.I.]. 2010.

UNU-IHDP. **Land, Water, and People - From Cascading Effects to Integrated Flood and Drought Responses**. Boon, Germany: Stu Slayen, 2014.

WALDE, I.; HESE, S.; SCHMULLIUS, C. **Graph based mapping of urban structure types from high resolution satellite image objects**. Proceeding of the 4th GEOBIA. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.]. 2012. p. 355-361.

WEINGAERTNER, C. **Identifying Strategic Initiatives to Promote Urban Sustainability - Doctoral Thesis**. Sweden: School of Architecture and the Built Environment, 2010.

WHITEHAND, J. W. R. Morfologia urbana Britânica: a tradição Conzeniana. **Urban Morphology**, Birmingham, UK, v. 1, p. 45-52, outubro 2001.

WICKOP, E. Environmental quality targets for urban structural units in Leipzig with a view to sustainable urban development. **Urban Ecology**, Berlin, p. 49-59, 1998.

WURN, M.; TAUBENBÖCK, H.; DECH, S. Qualification of urban structure on building block level utilizing multisensoral remote sensing data. **Erth Resources and Environmental Remote Sensing/ GIS Applications**, 2010. 12.

YLI-PELKONEN, V. **Use of ecological information in urban planning**. Helsinki, Finland: University of Helsinki, 2006.

ZHOU, Y.; VAIRAVAMOORTHY, K.; MANSOOR, M. A. M. Integration of urban water services. **Desalination 248**, 2009. 402-409.

## 7. ANEXO: TABELA - UST POR REGIÃO ADMINISTRATIVA

Tabela 30 - UST por região administrativa

RA	UST	Soma de Shape_Area	% em relação a RA	% em relação a área
Brasília	C1	532.531,01	9,15	0,24
	DC	1.385.186,01	23,81	0,63
	GS	1.913.993,79	32,89	0,87
	I1	55.464,53	0,95	0,03
	I2	134.097,61	2,30	0,06
	PB	1.197.891,48	20,59	0,54
	RA	205.534,01	3,53	0,09
	RURAL	147,45	0,00	0,00
	T	394.037,20	6,77	0,18
Brasília Total		5.818.883,09	100,00	2,63
Candangolândia	C1	130.466,87	2,01	0,06
	C2	75.092,76	1,16	0,03
	DC	561.268,64	8,66	0,25
	GS	3.926.233,85	60,56	1,78
	PB	749.583,56	11,56	0,34
	RA	34.741,13	0,54	0,02
	RH 2	64.650,03	1,00	0,03
	RH 3	21.514,82	0,33	0,01
	RH 4	664.286,77	10,25	0,30
	RH 5	130.281,29	2,01	0,06
	T	125.520,37	1,94	0,06
Candangolândia Total		6.483.640,07	100,00	2,93
Gama	C1	169.249,18	14,77	0,08
	DC	321.957,52	28,10	0,15
	I1	166.113,31	14,50	0,08
	RH 2	280.584,35	24,49	0,13
	RH 3	8.578,89	0,75	0,00
	RH 5	132.418,59	11,56	0,06
	RH 6	35.548,65	3,10	0,02
	T	31.479,55	2,75	0,01
Gama Total		1.145.930,03	100,00	0,52
Guará	C1	2.191.217,42	5,29	0,99
	C2	645.668,24	1,56	0,29
	DC	6.535.174,20	15,76	2,96
	GS	8.706.087,70	21,00	3,94
	I1	4.068.348,74	9,81	1,84
	I2	86.352,45	0,21	0,04
	PB	3.115.662,51	7,51	1,41
	RA	309.887,30	0,75	0,14

RA	UST	Soma Shape_Area de	% em relação a RA	% em relação a área
	RB 1	670.992,95	1,62	0,30
	RB 3	547.091,69	1,32	0,25
	RH 1	573.945,22	1,38	0,26
	RH 2	902.972,18	2,18	0,41
	RH 3	1.442.687,96	3,48	0,65
	RH 4	4.780.401,72	11,53	2,16
	RH 5	2.680.627,64	6,47	1,21
	RH 6	755.051,94	1,82	0,34
	RURALL	1.173.441,81	2,83	0,53
	T	2.274.511,08	5,49	1,03
<b>Guará Total</b>		<b>41.460.122,75</b>	<b>100,00</b>	<b>18,76</b>
Lago Sul	C1	47.225,07	1,69	0,02
	DC	638.065,72	22,85	0,29
	GS	1.757.428,21	62,94	0,79
	RH 7	143.983,56	5,16	0,07
	T	205.585,28	7,36	0,09
<b>Lago Sul Total</b>		<b>2.792.287,83</b>	<b>100,00</b>	<b>1,26</b>
Núcleo Bandeirante	C1	860.543,75	2,49	0,39
	C2	609.056,49	1,76	0,28
	DC	4.136.364,95	11,97	1,87
	GS	9.928.220,73	28,72	4,49
	I2	92.200,77	0,27	0,04
	PB	594.619,48	1,72	0,27
	RA	221.984,89	0,64	0,10
	RB 1	17.706,08	0,05	0,01
	RH 1	1.816.929,89	5,26	0,82
	RH 2	3.107.832,34	8,99	1,41
	RH 3	396.452,75	1,15	0,18
	RH 4	665.226,20	1,92	0,30
	RH 5	1.359.786,15	3,93	0,62
	RH 6	5.270.295,48	15,25	2,38
	RH 7	2.735.149,67	7,91	1,24
RURALL	1.906.089,18	5,51	0,86	
T	847.043,98	2,45	0,38	
<b>Núcleo Bandeirante Total</b>		<b>34.565.502,77</b>	<b>100,00</b>	<b>15,64</b>
Recanto das Emas	C1	115.223,37	4,27	0,05
	C2	125.004,07	4,64	0,06
	DC	1.213.835,94	45,03	0,55
	GS	261.253,40	9,69	0,12
	I1	247.386,44	9,18	0,11
	PB	58.040,27	2,15	0,03
	RB 1	2.010,85	0,07	0,00

RA	UST	Soma Shape_Area de	% em relação a RA	% em relação a área
	RH 3	18.490,50	0,69	0,01
	RH 4	570.367,39	21,16	0,26
	T	84.086,47	3,12	0,04
<i>Recanto das Emas Total</i>		<i>2.695.698,69</i>	<i>100,00</i>	<i>1,22</i>
Riacho Fundo	C1	237.178,75	0,40	0,11
	C2	422.809,13	0,71	0,19
	DC	2.542.674,22	4,28	1,15
	GS	3.041.614,40	5,12	1,38
	I1	102.365,90	0,17	0,05
	I2	16.458,79	0,03	0,01
	PB	585.911,29	0,99	0,27
	RA	191.548,33	0,32	0,09
	RB 1	51.102,38	0,09	0,02
	RH 1	4.649.205,13	7,83	2,10
	RH 2	193.642,57	0,33	0,09
	RH 3	279.635,34	0,47	0,13
	RH 4	2.655.387,64	4,47	1,20
	RH 5	1.222.203,38	2,06	0,55
	RURAL	40.315.173,32	67,91	18,24
T	805.557,04	1,36	0,36	
Riacho Fundo Total		59.362.388,00	100,00	26,85
Sambambaia	C1	89.741,17	4,24	0,04
	C2	141.234,36	6,68	0,06
	DC	358.045,00	16,93	0,16
	GS	874.345,35	41,34	0,40
	RA	14.550,71	0,69	0,01
	RB 3	17.143,71	0,81	0,01
	RH 2	74.557,96	3,53	0,03
	RH 4	80.590,23	3,81	0,04
	RH 5	186.148,10	8,80	0,08
	RH 6	127.982,21	6,05	0,06
T	150.417,50	7,11	0,07	
<i>Sambambaia Total</i>		<i>2.114.756,30</i>	<i>100,00</i>	<i>0,96</i>
Taguatinga	C1	2.306.161,22	3,57	1,04
	C2	2.481.068,68	3,84	1,12
	DC	4.169.191,44	6,45	1,89
	GS	6.818.959,32	10,55	3,08
	I1	754.219,23	1,17	0,34
	I2	980.018,82	1,52	0,44
	PB	1.993.889,46	3,09	0,90
	RA	382.233,45	0,59	0,17
	RB 1	177.220,34	0,27	0,08
	RB 3	2.741.911,54	4,24	1,24

<b>RA</b>	<b>UST</b>	<b>Soma de Shape_Area</b>	<b>% em relação a RA</b>	<b>% em relação a área</b>
	RH 1	3.865.637,03	5,98	1,75
	RH 2	2.452.941,09	3,80	1,11
	RH 3	317.141,94	0,49	0,14
	RH 4	1.394.009,14	2,16	0,63
	RH 5	14.509.331,00	22,45	6,56
	RH 6	5.535.008,34	8,57	2,50
	RURAL	12.082.766,13	18,70	5,47
	T	1.659.428,26	2,57	0,75
<i>Taguatinga Total</i>		<i>64.621.136,44</i>	<i>100,00</i>	<i>29,23</i>
<i>Total Geral</i>		<i>221.060.345,99</i>		<i>100,00</i>