



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
NÍVEL MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Geografia e Gestão do Território

**ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA DEMANDA E DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA
NOS ALTO E MÉDIO CURSO DO RIO UBERABINHA E O ABASTECIMENTO
PÚBLICO EM UBERLÂNDIA (MG)**

ARLEI TEODORO DE QUEIROZ

**UBERLÂNDIA/MG
2012**

ARLEI TEODORO DE QUEIROZ

**ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA DEMANDA E DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA
NOS ALTO E MÉDIO CURSO DO RIO UBERABINHA E O ABASTECIMENTO
PÚBLICO EM UBERLÂNDIA (MG)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território

Orientador: Prof. Dr. Washington Luiz Assunção

**UBERLÂNDIA/MG
2012**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia



ARLEI TEODORO DE QUEIROZ

ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA DEMANDA E DA DISPONIBILIDADE
HÍDRICA NOS ALTO E MÉDIO CURSO DO RIO UBERABINHA E O
ABASTECIMENTO PÚBLICO EM UBERLÂNDIA (MG)

Professor(a) Dr. Washington Luiz Assunção - UFU

Professor(a) Dr. João Donizete Lima - UFG

Professor(a) Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU

Data: 22 / 06 de 2012

Resultado: Aprovado

Aos meus pais, irmãos,
familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo incentivo financeiro por meio da bolsa de mestrado.

Agradeço aqueles que me acompanham desde meus primeiros momentos de vida, minha mãe Venceslina e meu pai Zigomar, pessoas especiais que sempre me apoiaram durante a minha caminhada.

Aos meus irmãos Gederson e Juliano pelo companheirismo que muito me ajudou na conquista de mais este objetivo.

A todos os professores, alunos e funcionários do curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, realizado pelo Instituto de Geografia com o apoio da Agência Nacional de Águas (ANA), curso este que serviu como uma das principais bases deste trabalho.

A todos os professores da pós-graduação e da graduação do Instituto de Geografia pelos ensinamentos repassados durante minha trajetória acadêmica e aos funcionários do Instituto de Geografia pela atenção e presteza nos vários atendimentos realizados.

A todos os professores e alunos que estão ou que passaram pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (não vou citar nomes para não cometer o erro de esquecer alguém) durante estes quase 6 anos que frequentei este local, sendo que são inúmeras as coisas que aprendi neste excelente ambiente de trabalho. Ambiente este, que para mim, foi marcado sempre pelo respeito e a ótima convivência entre as pessoas, com brincadeiras, porém com muito trabalho, aspectos que sempre me lembrei do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos como referência de local onde, além da produção de trabalhos, sempre houve o respeito aos valores humanos.

A todos que me ajudaram na confecção dos mapas, por meio de técnicas de geoprocessamento, principalmente ao Prof. Luiz Antônio e ao José Fernando, que me ensinaram muito sobre tais técnicas. Também, agradeço novamente, ao Prof. Luiz Antônio pelos ensinamentos sobre as técnicas para análise geoestatística de dados pluviométricos e fluviométricos que contribuiu muito para atingir os resultados obtidos neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Cezar pelas contribuições no exame de qualificação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Vanderlei pelas contribuições ao trabalho, tanto em bancas avaliativas como em trabalho de campo realizado na área de estudo.

Ao Prof. Dr. Washington Luiz Assunção pela orientação de vários trabalhos, desde o primeiro artigo publicado no VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica até a presente dissertação, e pela confiança no meu trabalho.

Aos amigos (que também não vou citar nomes para não cometer o erro de esquecer alguém) de bar, Bloco H, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, república, festas, futebol, pesca, fazenda dentre outros locais, pelas horas de conversa em que aprendi muito.

Enfim quero dizer que sou muito grato a todos que de alguma forma me auxiliaram na conquista de mais este objetivo: o título de mestre.

RESUMO

A compreensão das fases do ciclo hidrológico é essencial para os estudos hidrológicos, sendo utilizado como unidade territorial para realização de tais estudos a bacia hidrográfica. Neste sentido este trabalho tem como objetivo analisar e avaliar a demanda e a disponibilidade de águas superficiais na Bacia do Rio Uberabinha, a montante da confluência com o Ribeirão Bom Jardim localizada na área urbana de Uberlândia, área esta que se encontra inserida nos municípios de Uberlândia e Uberaba, utilizando de técnicas aplicadas à hidrologia, analisando, sobretudo duas fases do ciclo hidrológico, a vazão e a precipitação. Para a realização deste trabalho foram utilizados os dados de vazão e precipitação das Estações Pluviométrica e Fluviométrica da Fazenda Letreiro, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), localizadas nas coordenadas geográficas de latitude 18°59'18" S e longitude 48°11'25" O. Além destas estações, foram utilizadas outras cinco para auxiliar na conferência de algumas informações. A partir destes dados foi realizada uma análise prévia dos totais pluviométricos, médias e extremas de precipitação e vazão. Ainda sobre a metodologia, fez-se também uma análise geoestatística dos dados de vazão e precipitação, calculando as estatísticas descritivas e a distribuição de probabilidade de Gumbel de dados extremos. Além disso, para calcular a atual demanda hídrica elencou-se a quantidade de outorgas e o seu respectivo volume outorgado na área de estudos, de acordo com informações do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Como resultado, destaca-se as estatísticas descritivas e os gráficos de período de retorno da precipitação máxima, do número de dias consecutivos sem chuva e sem chuva significativa, da vazão máxima e mínima anuais. Foi calculada, a partir das precipitações máximas anuais os dados para elaboração do gráfico de intensidade-duração-frequência destas precipitações. Foi elaborado, também a hidrográfa do período analisado e a curva de permanência. Ainda referente ao estudo hidrológico foi especializado em mapas as outorgas localizadas na área de estudo e computado o volume outorgado mensal. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que é necessário um planejamento coletivo na área de estudos, visto que a disponibilidade hídrica é insuficiente para atender a demanda atual e futura, buscando um manejo adequado das atividades envolvidas e a participação de todos os usuários de água da bacia, além da execução de ações técnicas, como o estudo da relação uso do solo e vazão, a instalação e monitoramento de uma nova rede de estações pluviométricas e hidrométricas e estudo sobre a viabilidade técnica e socioambiental para implantação de barramento visando a regularização de vazão na área. Além disso, destaca-se como principal uso da água na área de estudo o abastecimento público da cidade de Uberlândia, sendo assim, sugere-se que sejam implantadas ações que visem o melhor aproveitamento das águas no ambiente urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Demanda e disponibilidade hídrica, Bacia do Rio Uberabinha, abastecimento público e vazão.

ABSTRACT

ANALYSIS AND EVALUATION OF AVAILABILITY AND DEMAND OF WATER ON HIGH AND MIDDLE COURSE OF RIVER UBERABINHA AND SUPPLY PUBLIC IN UBERLÂNDIA

The understanding of the phases within the hydrological cycle is essential for hydrological studies, being utilized as a territorial unit for conducting such studies, watershed related. In this sense, this work's objective is to analyze and evaluate the demand and the availability of surface water in the *Uberabinha* River Watershed, upstream of the confluence with the *Bom Jardim* River, located in urban area of *Uberlândia*, this area which is inserted in the municipalities of *Uberlândia* and *Uberaba*; and use hydrology applied techniques to examine in particular two phases of the hydrological cycle, flow and precipitation. For this study we used flow and precipitation data of the *Fazenda Letreiro* fluvimetric and rainfall stations, provided by *Agência Nacional de Águas (ANA)*, located in geographic coordinates of latitude $18^{\circ}59'18"S$ and longitude $48^{\circ}11'25"W$. Beyond these stations five other were used to assist in the confirmation of information. From this data, we performed a preliminary analysis of total rainfall, mean, and extreme precipitation and flow. Continuing with the methodology, a geostatistical analysis of rainfall and flow data was also accomplished, calculating descriptive statistics and probability distribution of *Gumbel* extreme data. Furthermore, to calculate the current water demand, the number of grants and their respective amounts within the area was listed out, according to information from the *Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)*. As a result, we highlighted the descriptive statistics and graphics of the payback period of maximum rainfall, of the number of consecutive days without rain and without significant rain, and of the minimum and maximum annual flow. The data for the preparation of graphing an intensity-duration-frequency graph of these rainfall events was calculated from the annual maximum rainfall. Also, the hydrograph and the curve of stay from the analyzed period in was prepared from the same data. The study and granting areas were then spatialized in maps; more specifically, the computed monthly amount awarded. From the results obtained, it can be concluded that a collective planning is necessary in the study area, since water availability is insufficient to meet the current demand. The participation of all the users of the watershed is essential for its management and related activities. Such participation should exceed the execution of technical actions, such as being familiar the relationship between land use and flow. Furthermore, the installation and monitoring of a new network of hydrometric and rainfall stations and a study of the technical feasibility of the social and environmental aspects of the implementation of a dam to regularize the flow in the area. Principally, the main use of water in the area of study is the city of *Uberlândia*'s public water supply, therefore, it is suggested that actions be implemented and aimed towards the better utilization of water in the urban environment.

KEYWORDS: demand and availability of water, Watershed *Uberabinha* River, public supply and flow.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da Bacia do Rio Uberabinha	17
Mapa 2: Geologia da bacia do alto curso do rio Uberabinha	21
Mapa 3: Tipo de solos na Bacia do Rio Uberabinha	24
Mapa 4: Hipsometria da Bacia do Rio Uberabinha.....	27
Mapa 5: Declividade da Bacia do Rio Uberabinha	28
Mapa 6: Compartimentos de relevo da bacia do alto curso do rio Uberabinha.....	30
Mapa 7: Potencial de infiltração de águas pluviais na bacia do alto curso do rio Uberabinha	33
Mapa 8: Uso do solo (2011) – Bacia do Rio Uberabinha.....	48
Mapa 9: Localização da Fazenda Letreiro.....	70
Mapa 10: Localização e finalidade das outorgas superficiais – Bacia do Rio Uberabinha	113
Mapa 11: Localização e finalidade das outorgas subterrâneas – Bacia do Rio Uberabinha ..	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Retirada e consumo total de água no Brasil em 2009	14
Gráfico 2: Climograma da Fazenda Letreiro (1975-2010).....	19
Gráfico 3: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (2011).....	45
Gráfico 4: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (Km ²) (1964, 1979, 1994, 2004 e 2011)47	47
Gráfico 5: Alturas médias mensais de precipitações e número médio mensal de dias com chuva na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010	86
Gráfico 6: Curva de permanência de precipitações na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)..	86
Gráfico 7: Precipitação máxima diária/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	87
Gráfico 8: Período de retorno de precipitações máximas (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	88
Gráfico 9: Número de dias sem chuva/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	89
Gráfico 10: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	90
Gráfico 11: Número de dias sem chuva significativa/ano na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	91
Gráfico 12: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro).....	92

Gráfico 13: Totais pluviométricos e linha de tendência de precipitações anuais na Estação Climatológica da UFU	93
Gráfico 14: Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações máximas da Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	95
Gráfico 15: Balanço hídrico climatológico médio mensal na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)	96
Gráfico 16: Hidrógrafa completa na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	100
Gráfico 17: Vazão específica mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	101
Gráfico 18: Vazão específica média mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	102
Gráfico 19: Vazão específica média mensal nos rios Uberabinha, Bagagem, Tijuco e da Prata	103
Gráfico 20: Vazão máxima, média e mediana das vazões máximas mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	106
Gráfico 21: Vazão máxima diária/ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	107
Gráfico 22: Período de retorno de vazões máximas (Gumbel) na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	107
Gráfico 23: Vazão mínima, média e mediana das vazões mínimas mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	109
Gráfico 24: Vazão mínima de sete dias/ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	110
Gráfico 25: Período de retorno de vazões mínimas de sete dias (Gumbel) na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	110
Gráfico 26: Curva de permanência na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	111
Gráfico 27: Vazões mínimas, média e mediana das mínimas mensais da Fazenda Letreiro e total outorgado de águas superficiais mensais na área a montante da confluência entre o rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim.....	114
Gráfico 28: Percentual médio anual de água tratada por captação para o abastecimento público da cidade de Uberlândia (2008-2011)	119
Gráfico 29: Vazão máxima mensal (m^3/s) tratada por captação de água para o abastecimento público da cidade de Uberlândia (2008-2011)	120
Gráfico 30: Percentual de perda de água por ano no sistema de distribuição na cidade de Uberlândia (1995-2011)	121
Gráfico 31: Percentual médio anual de água consumida por finalidade de uso (2008-2011) 121	
Gráfico 32: Vazão máxima mensal (m^3/s) consumida por finalidade de uso (2008-2011)....	122

Gráfico 33: Dados, projeções e estimativas populacionais do Brasil e de Uberlândia (1940-2050).....	123
Gráfico 34: Dados e estimativas populacionais e taxa média anual de crescimento geométrico da população de Uberlândia (1940-2050)	124

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Cultivo de cana-de-açúcar na bacia do Uberabinha (Alto curso do rio Uberabinha – Uberaba-MG).....	39
Foto 2: Canal de derivação de água para captação e abastecimento da ETA Sucupira	43
Foto 3: ETA Bom Jardim, localizada na área urbana de Uberlândia	44
Foto 4: Estação pluviométrica da Fazenda Letreiro	68
Foto 5: Estação Fluviométrica da Fazenda Letreiro (Rio Uberabinha).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físicas da bacia	35
Tabela 2: Percentual de população urbana no Brasil.....	40
Tabela 3: População residente por situação de domicílio em Uberlândia – 1940-2010.....	42
Tabela 4: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (2011)	46
Tabela 5: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (1964, 1979, 1994, 2004 e 2011)	46
Tabela 6: Valores da média (\bar{y}_n) e do desvio-padrão (S_n) da variável reduzida em função do tamanho da amostra (n)	79
Tabela 7: Relação entre alturas pluviométricas – valores médios obtidos do estudo do DNOS	80
Tabela 8: Totais de Precipitações Mensais (mm) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010.....	85
Tabela 9: Estatísticas descritivas das precipitações máximas diária/ano	87
Tabela 10: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva/ano	89
Tabela 11: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano	91
Tabela 12: Vazões extremas anuais na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	104
Tabela 13: Estatísticas descritivas da vazão máxima anual na Fazenda Letreiro (Estação 60381000).....	105

Tabela 14: Estatísticas descritivas da vazão mínima de sete dias por ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	108
Tabela 15: Vazão x permanência na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Croqui do sistema de abastecimento de água em Uberlândia.....	58
Figura 2: Ciclo hidrológico global.....	63
Figura 3: Ciclo hidrológico terrestre (IGBP,1993).....	63

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APA – Área de Proteção Ambiental
CBH – Comitê da Bacia Hidrográfica
CERH-MG – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCRH – Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos
MEC – Massa de ar Equatorial Continental
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MPA – Massa de ar Polar Atlântica
MTAc – Massa de ar Tropical Atlântica continentalizada
MTC – Massa de ar Tropical Continental
PCH – Pequena central hidrelétrica
PN2 – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari
PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico
SAA – Serviço de Abastecimento de Água
SEGRH/MG – Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos/Minas Gerais
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SES – Serviço de Esgotamento Sanitário
SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental
UFU – Universidade Federal de Uberlândia
UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
1.1 - Localização da área de estudo	16
1.2 - Caracterização da área de estudo.....	18
1.2.1 - Aspectos geoambientais.....	18
1.2.2 - Aspectos socioeconômicos	35
1.2.3 - Uso do solo	44
2 - REVISÃO DA LITERATURA	49
2.1- Base legal.....	49
2.1.1 - Acordos internacionais.....	49
2.1.2 - Legislação de recursos hídricos no Brasil.....	50
2.1.3 - Legislação de saneamento básico e o abastecimento de água no Brasil.....	56
2.2 - A evolução teórica sobre os estudos ambientais	58
2.3 - Ciclo hidrológico	61
3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
3.1 - Fonte dos dados	68
3.2 - Análise prévia dos dados	71
3.3 - Análise geoestatística dos dados	75
3.4 - Curva de intensidade-duração-frequência das precipitações.....	79
3.5 - Trabalho de campo	80
3.6 - Construção dos mapas	81
3.7 - Estimativa populacional	81
4 - ANÁLISE HIDRO-CLIMATOLÓGICA E A DEMANDA HÍDRICA	84
4.1 - Precipitação	84
4.1.1 - Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações.....	94
4.2 - Balanço hídrico climatológico.....	95
4.3 - Vazão	98
4.3.1 - Hidrógrafo	98
4.3.2 - Vazão específica	101
4.3.3 - Vazões extremas	103
4.3.3.1 - Vazão máxima	105
4.3.3.2 - Vazão mínima	108

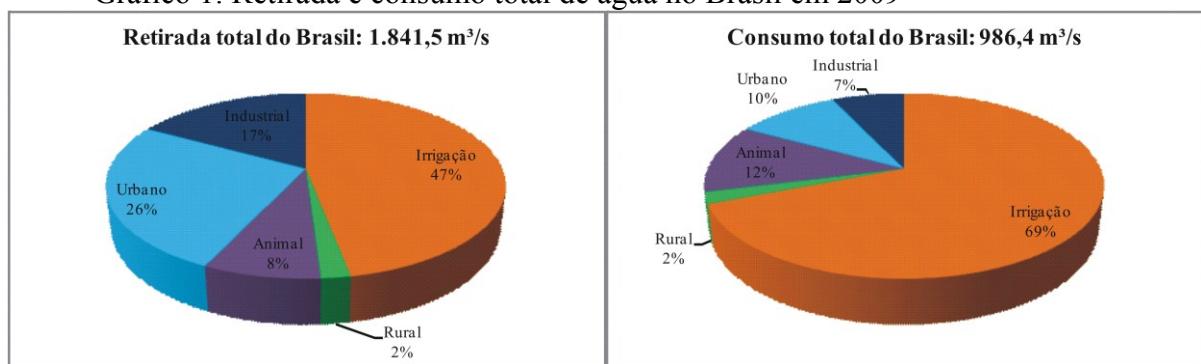
4.3.4 - Curva de permanência.....	111
4.4 - Outorgas	112
4.4.1 - Outorgas superficiais	112
4.4.2 - Outorgas subterrâneas	115
4.5 - Demanda hídrica e o abastecimento público da cidade de Uberlândia	117
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS	131

1 - INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica e o crescimento econômico e populacional brasileiro, a partir de meados do século XX, houve uma crescente demanda pelo uso de recursos hídricos tornando um desafio cada vez maior o atendimento dos diversos usuários em regiões com uso intenso ou com baixa disponibilidade hídrica. Neste sentido em 1997, foi aprovada no Brasil a Lei 9.433 que “institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamentando, ainda, o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988”, sendo descrito em seus fundamentos que a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada de forma que proporcione o uso múltiplo das águas e usando como unidade territorial a bacia hidrográfica.

Sobre os usos consuntivos de recursos hídricos, conforme pode ser visualizado no Gráfico 1, no Brasil tanto na retirada quanto para o consumo o uso que necessita de maior quantidade de água é a irrigação, sendo que ao relacionar os valores retirados e consumidos nota-se que a irrigação e a dessedentação de animais utilizam aproximadamente 80% do que retiram, pois estes usos incorporam grande parte da água aos produtos oriundos destes usos. Já o urbano e industrial consomem aproximadamente 20% do que retiram, devido ao grande volume de água que retorna ao seu curso original após atender estes usos, no entanto na maioria das vezes a água retorna com qualidade inferior a que foi retirada para tal uso.

Gráfico 1: Retirada e consumo total de água no Brasil em 2009



Fonte: ANA, 2011

Sobre os fundamentos da Lei 9.433/97, vale destacar que apesar desta determinar que a bacia hidrográfica deva ser utilizada como unidade territorial, no âmbito político-administrativo o Brasil possui três esferas administrativas de governo, federal, estadual e municipal, que não coincide com a área delimitada pela bacia hidrográfica, sendo necessária a participação dos vários atores ligados a bacia hidrográfica para implantação desta lei, tais

como o poder público, a sociedade civil e os usuários de recursos hídricos. Ainda sobre a gestão dos recursos hídricos, na Lei 9.433, o artigo 32 determina a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos que possui os seguintes objetivos:

- I – coordenar a gestão integrada das águas;
- II – arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- III – implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- IV – planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- V – promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. (MMA, 2011, p. 38-39)

Para atender os objetivos propostos no artigo 32, o artigo 33 define os órgãos que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:

- I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- I-A. – a Agência Nacional de Águas;
- II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- III – os Comitês de Bacia Hidrográfica;
- IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;
- V – as Agências de Água. (MMA, 2011, p. 39)

Partindo do que foi descrito sobre Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e tendo em vista que este trabalho tem como proposta a aplicação de técnicas relacionadas a recursos hídricos, a unidade territorial utilizada no estudo será a bacia hidrográfica, mais especificamente parte da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha.

Este trabalho tem como objetivo principal analisar e avaliar a demanda e a disponibilidade de águas superficiais na Bacia do Rio Uberabinha, a montante da confluência com o Ribeirão Bom Jardim localizada na área urbana de Uberlândia, que se encontra inserida nos municípios de Uberlândia e Uberaba, utilizando de técnicas aplicadas à hidrologia. O estudo nesta área torna-se essencial devido ao fato de a bacia possuir grande demanda hídrica e com potencial para aumento, sendo necessária uma melhor gestão dos recursos hídricos buscando proporcionar o uso múltiplo das águas, conforme descrito nos fundamentos da Lei 9.433/97. Atualmente, nota-se que todos os usos consuntivos apresentados no Gráfico 1, referente ao Brasil (urbano, rural, irrigação, animal e industrial), são atendidos na área de estudo, com destaque para o uso urbano e industrial com grande volume de água retirado para o abastecimento da cidade de Uberlândia com população urbana, de acordo com o Censo 2010, de 587.266 habitantes. Sobre o potencial para aumento da demanda para estes usos na bacia, pode-se dizer que com o provável crescimento populacional da cidade de Uberlândia será necessário uma demanda maior de água para o abastecimento urbano. Juntamente com esse potencial de crescimento, há também a expansão industrial. Além dos usos para

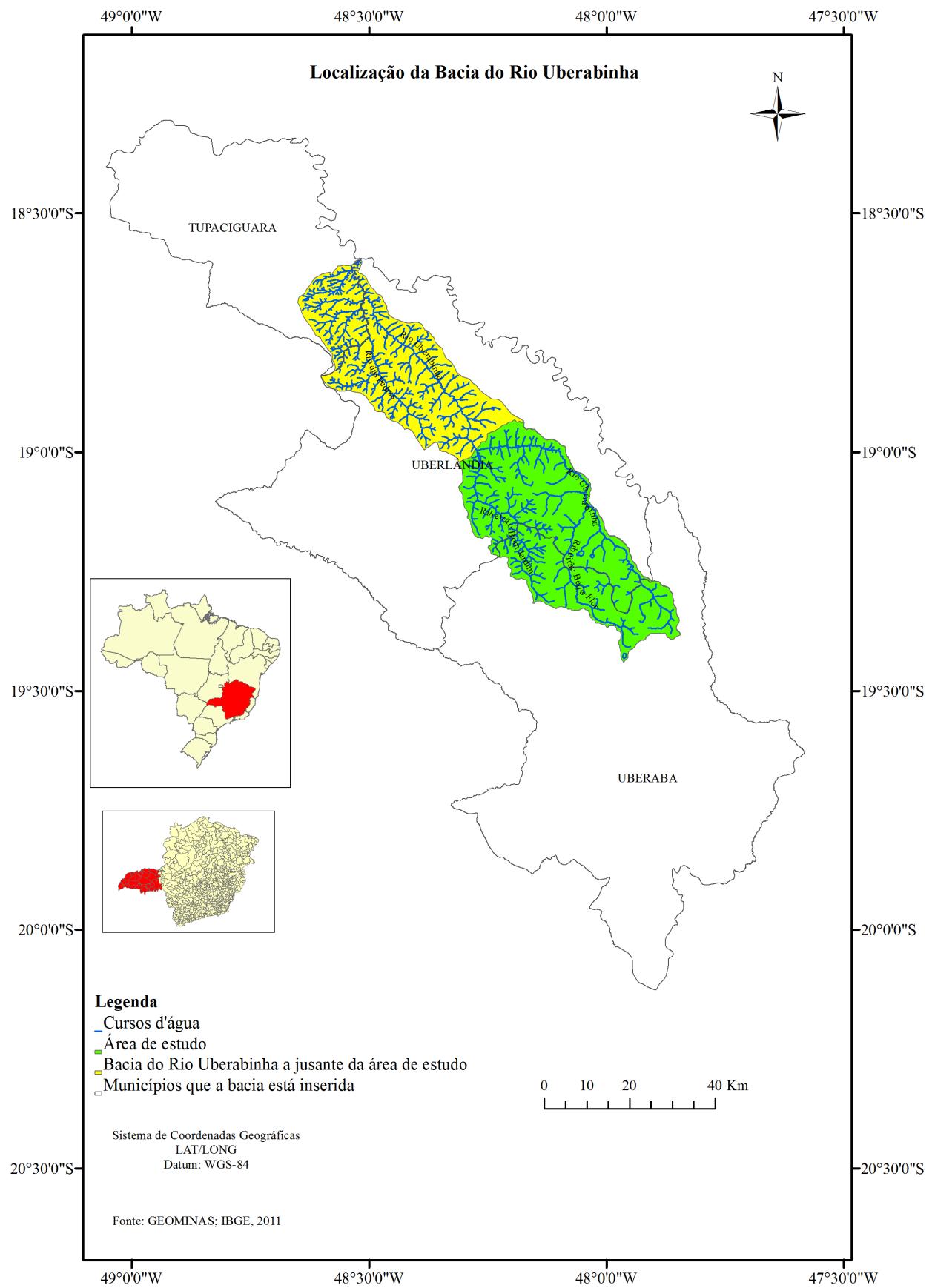
abastecimento urbano e industrial, a área de estudo possui grande parte da área passível de implantação de sistemas de irrigação, o que, também, teria como consequência maior demanda hídrica. Além dos usos consuntivos, é possível a instalação de projetos de usos não-consuntivos da água, como por exemplo, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e turismo de recreação. Sabendo das possíveis demandas futuras por usos consuntivos e não-consuntivos da água na área de estudo, a análise e avaliação das demandas atuais e da disponibilidade hídrica são essenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia tanto a curto como a médio e longo prazo.

Com o intuito de atingir o objetivo descrito, este trabalho está estruturado em cinco partes, iniciando pela introdução com uma breve descrição dos usos múltiplos de recursos hídricos e da utilização da bacia hidrográfica como unidade territorial, além dos objetivos propostos. Ainda na introdução é feita a caracterização e localização da área de estudo. Na segunda parte do trabalho foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema de estudo, com três itens: base legal, a evolução teórica sobre os estudos ambientais e o ciclo hidrológico. Na terceira parte foi descrito os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho, como fonte de dados e técnicas executadas. A quarta parte refere-se aos resultados do trabalho, com análise hidro-climatológica, buscando compreender a dinâmica hidrológica e avaliar a disponibilidade e demanda (outorgas de uso da água) hídrica. A quinta e última parte diz respeito ao abastecimento público de água na cidade de Uberlândia e a análise dos dados e estimativas de sua população urbana relacionando estes fatores a atual demanda hídrica para, posteriormente, realizar o fechamento do trabalho com algumas projeções de cenários futuros. Estão inseridos nesta parte do trabalho, também, as considerações finais e referências utilizadas.

1.1 - Localização da área de estudo

O Rio Uberabinha é o principal afluente da margem esquerda do Rio Araguari, que por sua vez faz parte da Bacia do Rio Paranaíba (margem esquerda), que está inserida na Bacia do Rio Paraná, no território brasileiro. No entanto, a Bacia do Rio Paraná é uma bacia transfronteiriça, compondo a Bacia do Rio da Prata, que integra as bacias dos rios Paraguai e Uruguai, além do Paraná, ocupando o território de cinco países, Brasil, Uruguai, Argentina, Paraguai e Bolívia, sendo a segunda bacia da América do Sul em área e a quinta do mundo. A foz do Rio da Prata, no Oceano Atlântico, se encontra na fronteira entre Argentina e Uruguai.

Mapa 1: Localização da Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: GEOMINAS; IBGE, 2011

A porção da Bacia do Rio Uberabinha, utilizada como área de estudo, localiza-se entre as latitudes de 18°56' e 19°26' sul e longitudes de 47°51' e 48°19' oeste, com orientação de SE-NO. A área total da bacia do Uberabinha é de 2.193 km², sendo que 1.239 Km² (56,5%) correspondem à área de estudo e 954 km² (43,5%) estão a jusante da mesma. Desde a nascente até a foz no rio Araguari, o rio possui um curso de 153 km, sendo que na área de estudo o curso corresponde a 87 km (Mapa 1).

O rio Uberabinha, na área de estudo, ou seja, a montante da confluência com ribeirão Bom Jardim, possui dois importantes afluentes na margem esquerda que são os ribeirões Beija-Flor e o Bom Jardim. O curso do rio Uberabinha se encontra próximo a borda direita da bacia, o que explica a ocorrência dos principais cursos na margem esquerda.

A Bacia do Rio Uberabinha engloba áreas de três municípios da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, a saber: Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara. A nascente se encontra no município de Uberaba, no médio curso o rio perpassa a área urbana de Uberlândia e a sua foz está localizada no limite entre os municípios de Tupaciguara e Uberlândia. No entanto, a área de estudo ocupa áreas apenas dos municípios de Uberaba e Uberlândia.

1.2 - Caracterização da área de estudo

Para melhor compreensão sobre a área de estudo, neste item será realizada a caracterização, sendo que esta foi dividida em três partes, a primeira diz respeito aos aspectos geoambientais, a segunda aos socioeconômicos e a terceira ao uso do solo.

1.2.1 - Aspectos geoambientais

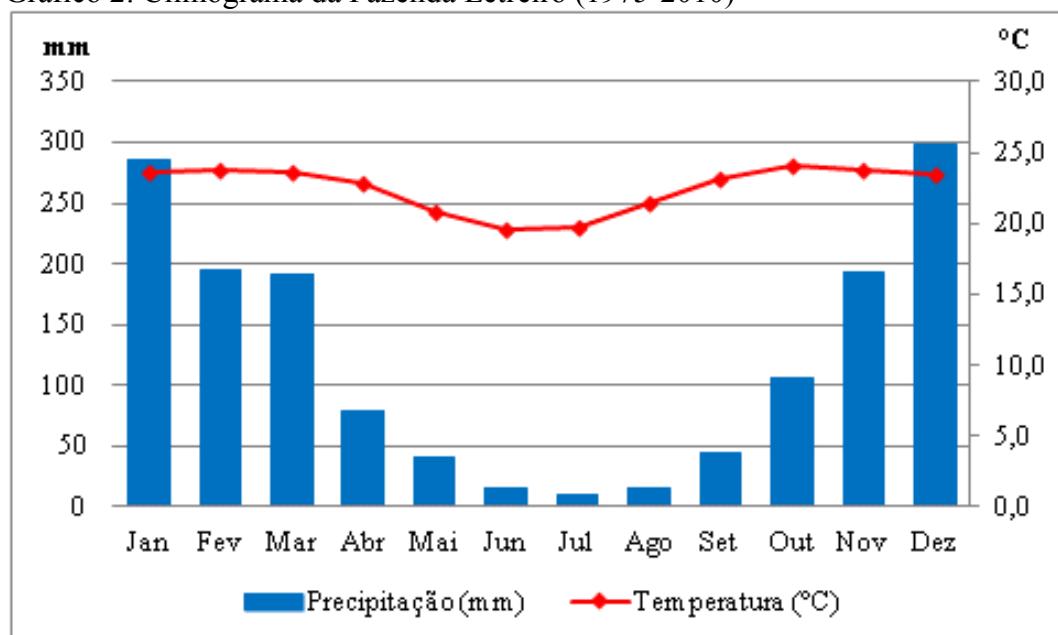
Neste item serão detalhados alguns aspectos geoambientais da área de estudo, tais como clima, geologia, solos, geomorfologia e análise física da bacia (morfometria).

O clima local, assim como ocorre em toda a região do Brasil Central onde está localizada a Bacia do Rio Uberabinha, é definido como tropical semi-úmido com duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno seco e com temperaturas amenas. Conforme pode ser observado no Gráfico 2, os meses mais frios são junho e julho, apresentando uma temperatura média inferior a 20°C. No entanto, a temperatura média dos meses mais quentes é superior a 23°C (outubro a março), sendo que a temperatura média anual em Uberlândia é 22,5° C. Já em relação à média das

precipitações, nota-se que nos meses de outubro a março (período chuvoso) ocorrem 86% do total de precipitação anual, enquanto que os outros 14% restantes ocorrem nos meses de abril a setembro (período seco), sendo que a média pluviométrica anual em Uberlândia é de 1474 mm.

A partir dos dados climáticos foi possível classificar o clima da área de estudo, sendo utilizadas, para isso, as classificações climáticas de Thornthwaite e Köppen. Primeiramente, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite (1948) o clima é do tipo $B_{1s}B'_{4a}$, úmido com déficit moderado de verão e mesotérmico. Já segundo a classificação climática de Köppen, o clima na bacia é do tipo *Awa* com chuva de verão e temperaturas elevadas, tendo o mês mais frio com temperatura média superior a 18° C. A isoterma de inverno de 18° C é crítica para a sobrevivência de certas plantas tropicais. A precipitação pluvial é maior do que a evapotranspiração anual. O verão é quente, com o mês mais quente (outubro) possuindo temperatura média maior que 22° C.

Gráfico 2: Climograma da Fazenda Letreiro (1975-2010)



Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

Hidroweb/ANA, 2011 – Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – Uberlândia (MG), 2011

Quanto aos sistemas produtores de tempo que atuam na região, de acordo com Mendes e Queiroz (2011), no verão, há maior influência dos sistemas equatoriais (Massa Equatorial Continental – MEC) e polares (Massa Polar Atlântica – MPA). Sendo que:

A interação desses sistemas induz o aumento significativo de nebulosidade e a formação de chuvas frontais. No intervalo de atuação desses sistemas, é

verificada a ação da MTAc, que provoca aumento da temperatura e produção de tempo estável.

No verão, é comum também a ocorrência da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), que, sob influência, principalmente, do deslocamento de ar quente em baixos níveis da atmosfera em direção às altas latitudes e, também, da baixa pressão desenvolvida sobre a região do Chaco (MTC), gera uma linha de instabilidade que flui no sentido Noroeste/Sudeste. Este fenômeno estende-se da porção sul da região amazônica ao litoral da Região Sudeste, passando pelo Triângulo Mineiro. No decorrer da sua atuação, as ZCAS provocam nebulosidade e chuvas intensas que duram dias e até mesmo semanas causando uma série de transtornos nas atividades desenvolvidas no espaço urbano e rural (MENDES; QUEIROZ, 2011, p. 336-337)

Já durante o inverno, segundo Mendes e Queiroz (2011):

[...] observa-se uma total ausência de depressão continental, produzindo, pelo contrário, um fraco anticiclone térmico sobre o Uruguai e o sul do Brasil, facilitando o avanço de dois sistemas principais: MTAc, responsável, no inverno, por dias de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar, e a MPA, que acarreta a formação de frentes frias que chegam a causar algumas pancadas de chuvas na região. Posteriormente à passagem do sistema frontal, percebe-se uma queda brusca na nebulosidade, na temperatura e na umidade relativa do ar. (MENDES; QUEIROZ, 2011, p. 337)

Quanto a geologia na área de estudo, ao observar o Mapa 2 nota-se a ocorrência de quatro unidades geológicas: Cobertura Cenozóica, Aluviões Holocênicos, Formação Marília e Formação Serra Geral.

A Cobertura Cenozóica e os Aluviões Holocênicos, segundo Nishiyama (1998), são datados da Era Cenozóica, que iniciou há 65,5 milhões de anos e que se estende até os dias atuais.

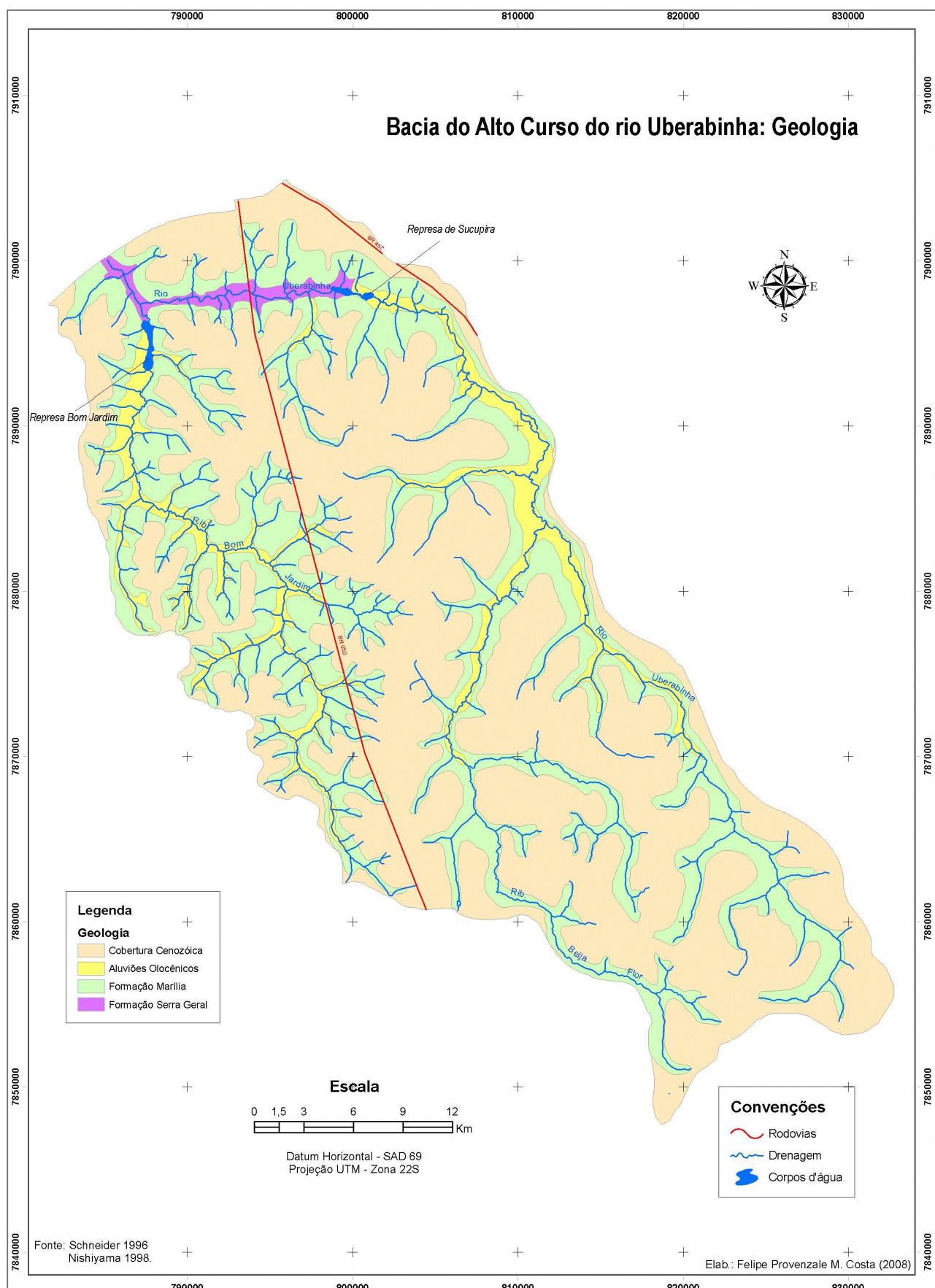
A Cobertura Cenozóica, de acordo com Costa (2009), “Na bacia do rio Uberabinha, estão presentes sedimentos de idade Cenozóica. Na maior parte de sua extensão sobre rochas mais antigas, estendendo-se desde as áreas de chapadas até as vertentes dos vales fluviais, ocupando todos os níveis topográficos.” (COSTA, 2009, p. 54). Ainda sobre a Cobertura Cenozóica, Nishiyama (1989), relata que:

São constituídos de leitos de cascalheiras que podem atingir espessuras superiores a uma dezena de metros, predominando seixos de quartzo, quartzito e de basalto. Geralmente apresentam-se revestidos de um filme de óxido de ferro. As camadas de cascalho constituem diversos níveis com espessura de granulometria variáveis [...] (NISHIYAMA, 1989, p. 15)

Os Aluviões Holocênicos na Bacia do Rio Uberabinha são descritos por Nishiyama (1998 apud Costa, 2009) como:

[...] formados basicamente de areias e seixos, com intercalações de lentes de materiais argilosos ou orgânicos. Os seixos são compostos predominantemente de quartzito e quartzo. Lateralmente os depósitos aluviais passam para sedimentos coluviais ou aluviais do tipo cones de deposição. Na área estudada a espessura desses depósitos varia no intervalo de 2 a 5 metros. (NISHIYAMA, 1998 apud COSTA, 2009, p.54)

Mapa 2: Geologia da bacia do alto curso do rio Uberabinha



Fonte: COSTA, 2009

A Formação Marília, de acordo com Nishiyama (1998), está inserida no Grupo Bauru, datado do Período Cretáceo (começou há 145,5 milhões de anos e terminou 65,5 milhões de anos atrás) da Era Mesozóica.

Segundo Soares et al (1980 apud Nishiyama,1989) a Formação Marília pode ser definida como:

[...] sendo constituída de arenitos conglomeráticos, com grãos angulosos, teor variável de matriz, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis. Esses sedimentos ocorrem em bancos com espessura média entre 1 e 2 m, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos cruzados e com raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários. (SOARES et al,1980 apud NISHIYAMA,1989, p.14)

Ainda sobre a Formação Marília na Bacia do Rio Uberabinha, segundo Nishiyama (1989; 1998), nos topo das chapadas próximo as nascentes nota-se a ocorrência do Membro Serra da Galga que faz parte da Formação Marília, sendo este Membro caracterizado por arenitos imaturos, conglomerados e arenitos conglomeráticos.

A Formação Serra Geral, conforme relata Nishiyama (1998), faz parte do Grupo São Bento, datado do Período Jurássico (começou há 199,6 milhões de anos e terminou 145,5 milhões de anos atrás) da Era Mesozóica. Sendo caracterizada por basaltos maciços com níveis vesículo-amigdaloidais nos topo e bases dos derrames. Presença de arenito intertrapeano.

Quanto aos basaltos da Formação Serra Geral, Nishiyama (1998) afirma que:

São rochas micro-cristalinas, ostentando essencialmente clinopiroxênio, ripas de plagioclásio e, como mineral acessório, a magnetita. Geralmente exibem estrutura maciça, enquanto blocos centimétricos a decimétricos, produtos do intenso diaclasamento. (NISHIYAMA,1998, p.96)

Ao observar o Mapa 2, nota-se que a Cobertura Cenozóica ocupa a maior parte da área de estudo, localizada nos interflúvios. Os Aluviões Holocênicos se encontram próximo aos principais cursos de água (Ribeirão Bom Jardim e Beija-Flor e Rio Uberabinha), no entanto esta unidade se apresenta somente após percorrido parte destes cursos, ou seja não ocorrem nas nascentes. A Formação Marília situa-se próximo aos cursos de água, no entanto na maior parte do percurso dos cursos principais não atinge a margem. A Formação Serra Geral localiza-se próximo ao curso do Rio Uberabinha e do Ribeirão Bom Jardim, a jusante das represas de Sucupira e Bom Jardim, respectivamente.

No que diz respeito aos solos na área de estudo, de acordo com a classificação da Embrapa (2006), nota-se que ocorrem os seguintes tipos de solos: Gleissolos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelho (Mapa 3).

Os Gleissolos se encontram nas margens dos cursos de água da bacia, desde as nascentes até a foz, com destaque para as áreas de nascentes do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor com campo maior de abrangência, formando os solos hidromórficos, conhecidas como covoais.

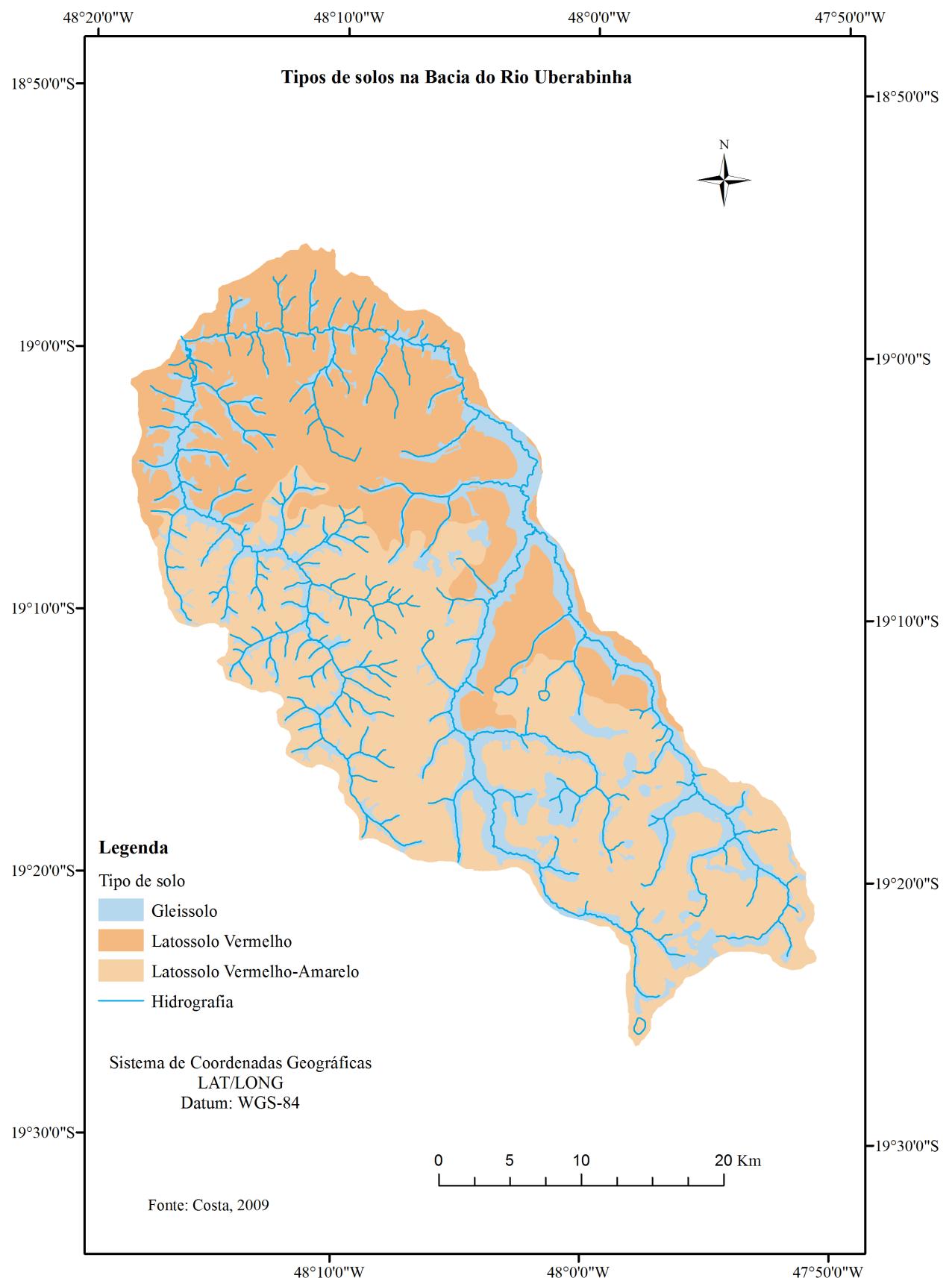
[...] a principal característica ambiental é dada pelas extensas áreas brejosas, geralmente associadas às cabeceiras de pequenos cursos d'água ou depressões fechadas e rasas, recobertas por campos úmidos. Nelas ocorre uma interessante feição de microrrelevo dada pela presença de murundus, ou montículos de forma arredondada e convexa, de tamanhos que variam de 0,5 a 15 metros de diâmetro e altura entre 0,3 e 2,0 metros, localmente denominada “covoal”. (SCHNEIDER, 1996, p. 40)

Já na bacia do ribeirão Bom Jardim nota-se a ocorrência de outra unidade ambiental em área com gleissolo denominada como veredas, com:

[...] vales amplos, abertos com vertentes muito suaves, solos mal drenados com horizonte superficial turfoso e altos teores de matéria orgânica, marcados pela ocorrência de palmeiras Buriti (*Mauritia flexuosa*) que, em tufo ou alinhadas ao eixo de drenagem, são ladeadas por faixas marginais de vegetação herbácea graminosa densa de campos úmidos ou higrófilos. As veredas ocorrem desde as cabeceiras dos cursos d'água formadores da sub-bacia do Ribeirão Bom Jardim até seu baixo curso, onde afloram as rochas basálticas. (SCHNEIDER, 1996, p. 56)

Ainda sobre os gleissolos, na área de estudo são encontradas dois tipos de gleissolos, sendo que de acordo com Costa (2009), o primeiro possui “Horizonte A moderado, de textura muito argilosa, em campo tropical, todos de relevo plano e suave ondulado (40-20%).” (COSTA, 2009, p. 75). E o segundo possui “Horizonte A moderado ou chernozêmico, ambos com textura indiscriminada, em campo higrófilo de várzea + Solos Horgânicos Distróficos, com horizonte A turfoso, em campo higrófilo de várzea. Todos ocorrem em relevo plano (40-30%).” (COSTA, 2009, p. 75)

Mapa 3: Tipo de solos na Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: Costa, 2009

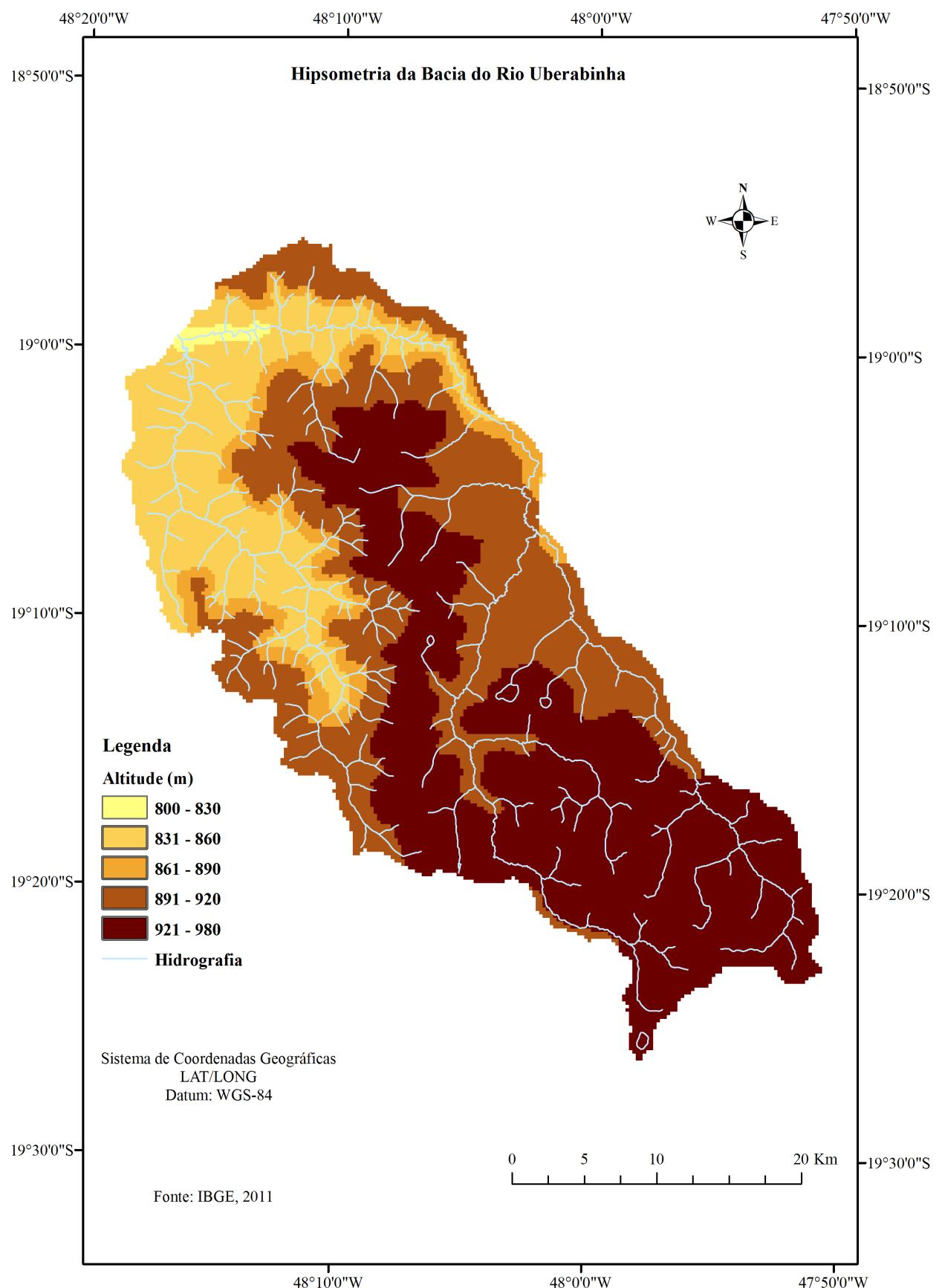
Os Latossolos Vermelho-Amarelo situam no alto e médio curso do ribeirão Bom Jardim e no alto curso do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor, localizados, sobretudo nos inflúvios da bacia. Na área estão presentes três tipos de Latossolos Vermelho-Amarelo, sendo o primeiro localizado próximo as nascentes do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor e em parte do interflúvio entre estes cursos de água, cuja característica é ter “horizonte A moderado e textura muito argilosa (70-30%).” (COSTA, 2009, p. 73). O segundo pode ser achado no alto curso do rio Uberabinha e ribeirões Beija-Flor e Bom Jardim com ocorrência próximo a nascente do Bom Jardim, também “com horizonte A moderado e textura muito argilosa, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.” (COSTA, 2009, p. 73). O terceiro tipo de latossolo vermelho-amarelo se encontra no médio curso do ribeirão Bom Jardim, “com horizonte A moderado e textura média, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio e relevo plano e suave ondulado.” (COSTA, 2009, p. 73)

Os Latossolos Vermelhos localizam-se desde próximo da confluência do rio Uberabinha com o ribeirão Beija-Flor, ampliando a área de abrangência em direção a confluência do rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim, visto que no baixo curso do ribeirão Bom Jardim e na porção do rio Uberabinha a jusante da confluência com o Beija-Flor há predomínio deste tipo de solo. Na área de estudo, pode-se distinguir quatro tipos de solos; o primeiro se encontra na porção do baixo curso do ribeirão Bom Jardim, “com horizonte A moderado e textura média, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.” (COSTA, 2009, p. 73). O segundo tipo de latossolo vermelho abrange uma área desde a confluência do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor se estendendo pelo interflúvio entre o rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim, por outro lado ocupa, também, a margem direita da bacia, nesta mesma região, possui como característica “horizonte A moderado e textura argilosa, ocorrendo em cerradão tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.” (COSTA, 2009, p. 73). O terceiro tipo deste solo se encontra na margem do rio Uberabinha, entre a represa de Sucupira e a confluência com o ribeirão Bom Jardim, “com horizonte A moderado e textura muito argilosa, + Solos Litólicos Eutróficos, teor argiloso e cascalhento, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.” (COSTA, 2009, p. 74). Para finalizar, o quarto tipo de latossolo vermelho localiza-se na margem esquerda do rio Uberabinha, logo abaixo da confluência com o ribeirão Bom Jardim, tendo “horizonte A moderado e textura muito argilosa, ocorrendo em fase cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano.” (COSTA, 2009, p. 74).

Sobre a hipsometria na área de estudo, ao observar o Mapa 4 nota-se que as áreas com altitudes mais baixas estão próximo a 800 metros e as mais altas a 980 metros. Para melhor compreensão da altimetria, a área foi dividida em cinco classes com intervalos de altitude. Desta forma, no Mapa 4 é demonstrado que na parte alta da bacia a altitude está entre 920 e 980 metros, se estendendo pelo divisor de águas da bacia do ribeirão Bom Jardim e ribeirão Beija-Flor e, posteriormente, com rio Uberabinha. A classe que representa a altitude entre 890 e 920 metros situa-se no alto curso do ribeirão Bom Jardim e alguns de seus afluentes no médio curso, no médio curso do Beija-Flor e parte do alto e no médio curso rio Uberabinha na área de estudo, além da ocorrência desta classe de altitude próximo ao divisor de águas na margem direita do rio Uberabinha. A área com altitude de 860 a 890 metros se encontra na borda da classe descrita anteriormente (890 a 920 metros). A área com altitude entre 830 e 860 metros está localizada no médio e baixo curso do ribeirão Bom Jardim e no baixo curso do rio Uberabinha. Já a área com intervalo de altitude de 800 a 830 metros se encontra nas margens do rio Uberabinha na confluência com o ribeirão Bom Jardim e na área imediatamente a montante e a jusante desta confluência.

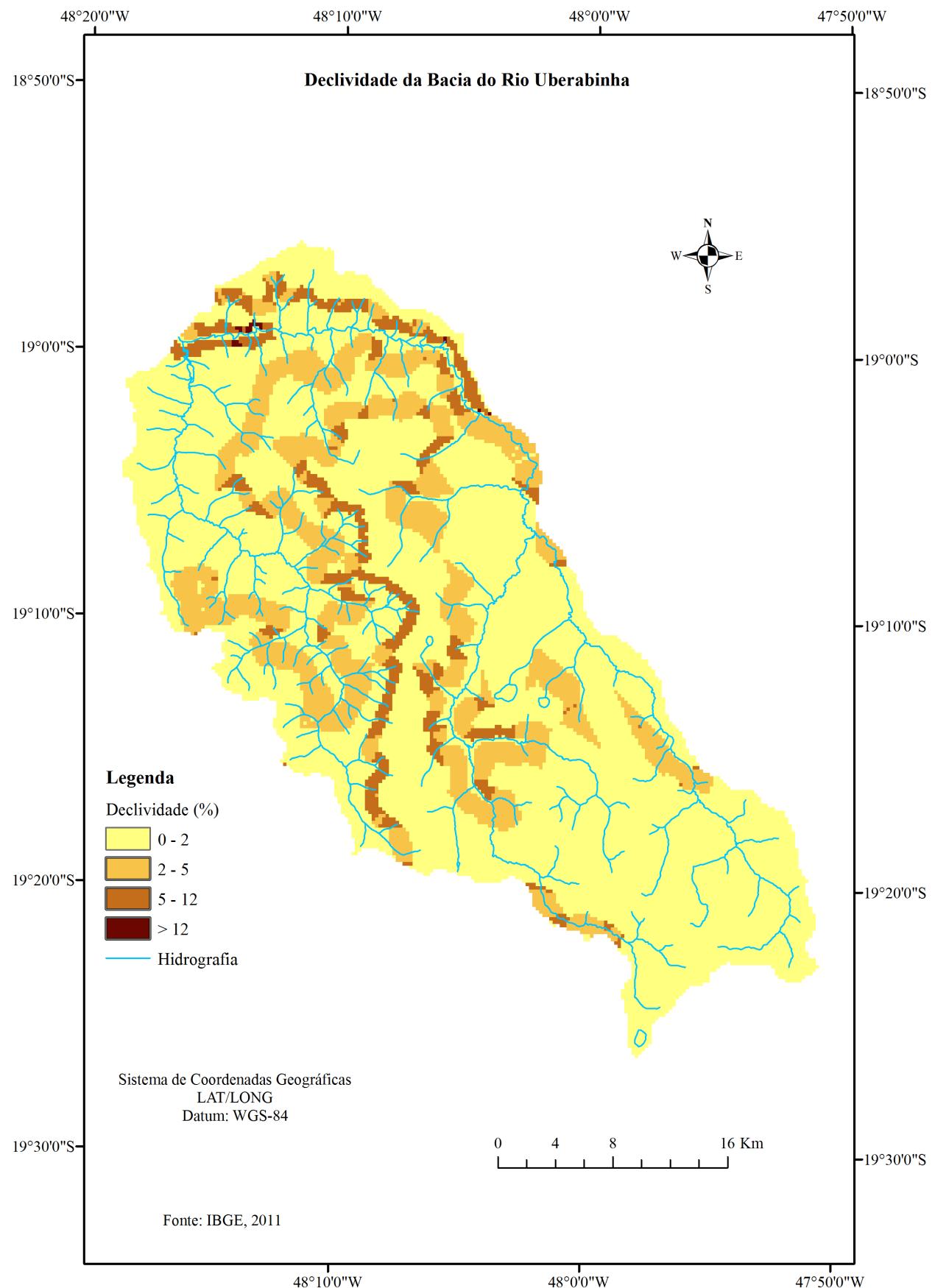
Foi elaborado, também, o mapa de declividade da área de estudo (Mapa 5), sendo possível concluir que a maior parte da bacia possui baixa declividade, ou seja, com grande área plana. Na parte alta da bacia pode-se afirmar que são poucos locais com declividade superior a 2%, uma vez que estas áreas estão localizadas nas margens do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor, no entanto, não excede 12% de declividade. Nota-se, também que próximo as nascentes dos afluentes da margem direita do ribeirão Bom Jardim há um aumento na declividade oscilando entre as classes de 2-5% próximo a curso do ribeirão, aumentando em direção as nascentes dos afluentes podendo atingir 12%. Já no rio Uberabinha, verifica-se um aumento na declividade do terreno, notadamente após a confluência com ribeirão Beija-Flor, visto que na margem esquerda a declividade varia entre 2 e 5% e na margem direita nota-se terreno com maior declividade atingindo 12%. Próximo a confluência do rio Uberabinha com o ribeirão Bom Jardim, está localizada a porção da área de estudo com maior declividade, com alguns pontos superando 12%.

Mapa 4: Hipsometria da Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: IBGE, 2011

Mapa 5: Declividade da Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: IBGE, 2011

Por meio das informações referentes a hipsometria e declividade descritas, Baccaro (1989) faz uma análise da geomorfologia na área de estudo, utilizando o método comparativo, levando em conta o relevo, a declividade, a geologia e os processos erosivos, classificando em três categorias: área de relevo dissecado, área de relevo intensamente dissecado e área de relevo com topo plano, com predomínio da última categoria.

A área de relevo dissecado ocupa pequena parte da área de estudo, próximo a confluência do rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim, descrita por Baccaro (1989) como uma área:

[...] com topos aplainados entre 700 e 900 metros, tendo no substrato, principalmente, a Formação Adamantina e uma cobertura Cenozóica. As vertentes são suaves, recobertas pelo cerrado e em muitos locais interrompidas por rupturas mantidas pela laterita, que são os locais preferenciais para o afloramento do lençol subterrâneo, constituindo pequenas nascentes. (BACCARO, 1989, p. 20)

A área de relevo intensamente dissecado compreende uma pequena parte da área de estudo na margem direita do rio Uberabinha, pois segundo Baccaro (1989), esta região apresenta topos aplainados na forma de espigão entre as sub-bacias afluentes dos rios Araguari e Uberabinha.

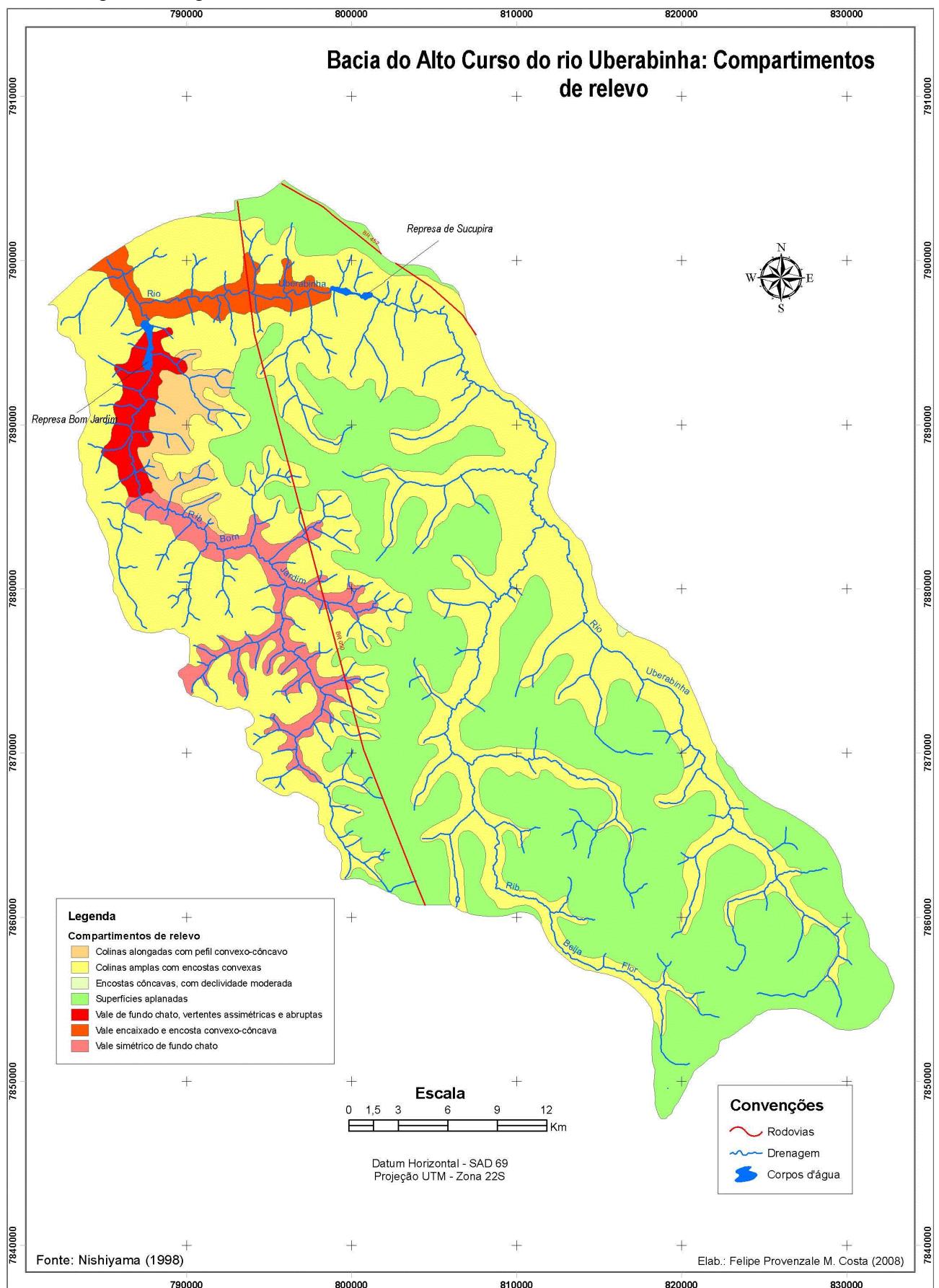
A área de relevo com topo plano ocupa a maior parte da área de estudo, na região entre o rio Uberabinha e o ribeirão Bom Jardim, descrita como:

[...] área de topos planos e largos muito espaçados entre si, com pouca ramificação da drenagem, vertentes com baixas declividades, entre 3 e 5°, sustentadas pelo arenito da Formação Marília recoberto pelos sedimentos do Cenozóico. Próximo aos canais fluviais em ambas as margens há uma massa significante de solo hidromórfico (solo orgânico escuro). (BACCARO, 1989, p. 21)

Já em 1998, Nishiyama descreveu de forma mais detalhada os compartimentos de relevo na área de estudo, espacializado no Mapa 6 por Costa em 2009. Desta forma, pode-se dizer que a área apresenta os seguintes compartimentos: colinas alongadas com perfil convexo-côncavo; colinas amplas com encostas convexas; encostas côncavas com declividade moderada; superfícies aplanadas; vale de fundo chato, vertentes assimétricas e abruptas; vale encaixado e encosta convexo-côncava e; vale simétrico de fundo chato.

As colinas alongadas com perfil convexo-côncavo se encontram na margem direita do ribeirão Bom Jardim, no médio e baixo curso com encostas côncavas e topos convexos.

Mapa 6: Compartimentos de relevo da bacia do alto curso do rio Uberabinha



As colinas amplas com encostas convexas acompanham os principais cursos de água (Uberabinha, Beija-Flor e Bom Jardim) desde próximo de suas nascentes, ampliando sua área a medida que se aproxima com confluência do rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim.

As encostas côncavas com declividade moderada ocupam pequena área no limite da bacia, na margem direita do médio curso do rio Uberabinha.

Na área de estudo, destaca-se as superfícies aplanadas, localizadas nos interflúvios com topos planos, com vasta área de chapada, sobretudo no alto curso do rio Uberabinha e ribeirões Beija-flor e Bom Jardim.

A área com vale de fundo chato com vertentes assimétricas e abruptas situa-se no baixo curso do ribeirão Bom Jardim.

A porção com vale encaixado e encosta convexo-côncava se encontra no baixo curso do rio Uberabinha até a sua confluência com o ribeirão Bom Jardim, área esta correspondendo ao que Baccaro (1989) define como relevo dissecado.

Para finalizar, o vale simétrico de fundo chato localiza-se no alto e médio curso do ribeirão Bom Jardim.

Ainda sobre a geomorfologia, Feltran Filho (1997) faz um esboço, compartimentando as chapadas em unidades geomorfológicas, apresentando na área de estudo a Bacia do Beija-Flor; Uberlândia; Alto Uberabinha, rio Claro, Indianópolis e Santa Juliana.

De acordo com Feltran Filho (1997), a unidade geomorfológica da “Bacia do ribeirão Beija-Flor” possui drenagem padrão dendrítico e densa e cobertura de latossolo Vermelho-Escuro. Nota-se nesta unidade, também:

[...] a existência de terraços fluviais podem ser observados no contato entre a cobertura sedimentar e a soleira basáltica, pontos em que os vales tornam-se mais largos e as vertentes, se afastando, dão lugar a terraços com depósitos de sedimentos mais grosseiros, com cascalho. Associam-se a esses depósitos, fora do plano de inundação, blocos conglomeráticos formados por seixos de quartzo e quartzitos, cimentados por material ferruginoso, talvez restos de horizontes mais resistentes, em decomposição. (FELTRAN FILHO, 1997, p. 166)

A unidade geomorfológica “Uberlândia”, conforme descreve Feltran Filho:

Possui na parte oeste suas maiores altitudes, fazendo com que a drenagem da unidade tenha sentido geral oeste-leste direcionada para a bacia do Uberabinha. Com forte controle estrutural, a rede de drenagem exibe padrão geométrico, como por exemplo, apresentando desvios bruscos e retilíneos na mudança de direção dos rios nas partes mais elevadas dos topos formados por sedimentos da Formação Marília. (FELTRAN FILHO, 1997, p. 167)

A unidade geomorfológica “Alto Uberabinha, Rio Claro, Indianópolis e Santa Juliana”, segundo Feltran Filho: “É caracterizada por topografias elevadas e planas. Seus interflúvios tabulares apresentam simetria no perfil transversal e longitudinal, e seus divisores são de difícil precisão.” (FELTRAN FILHO, 1997, p. 170)

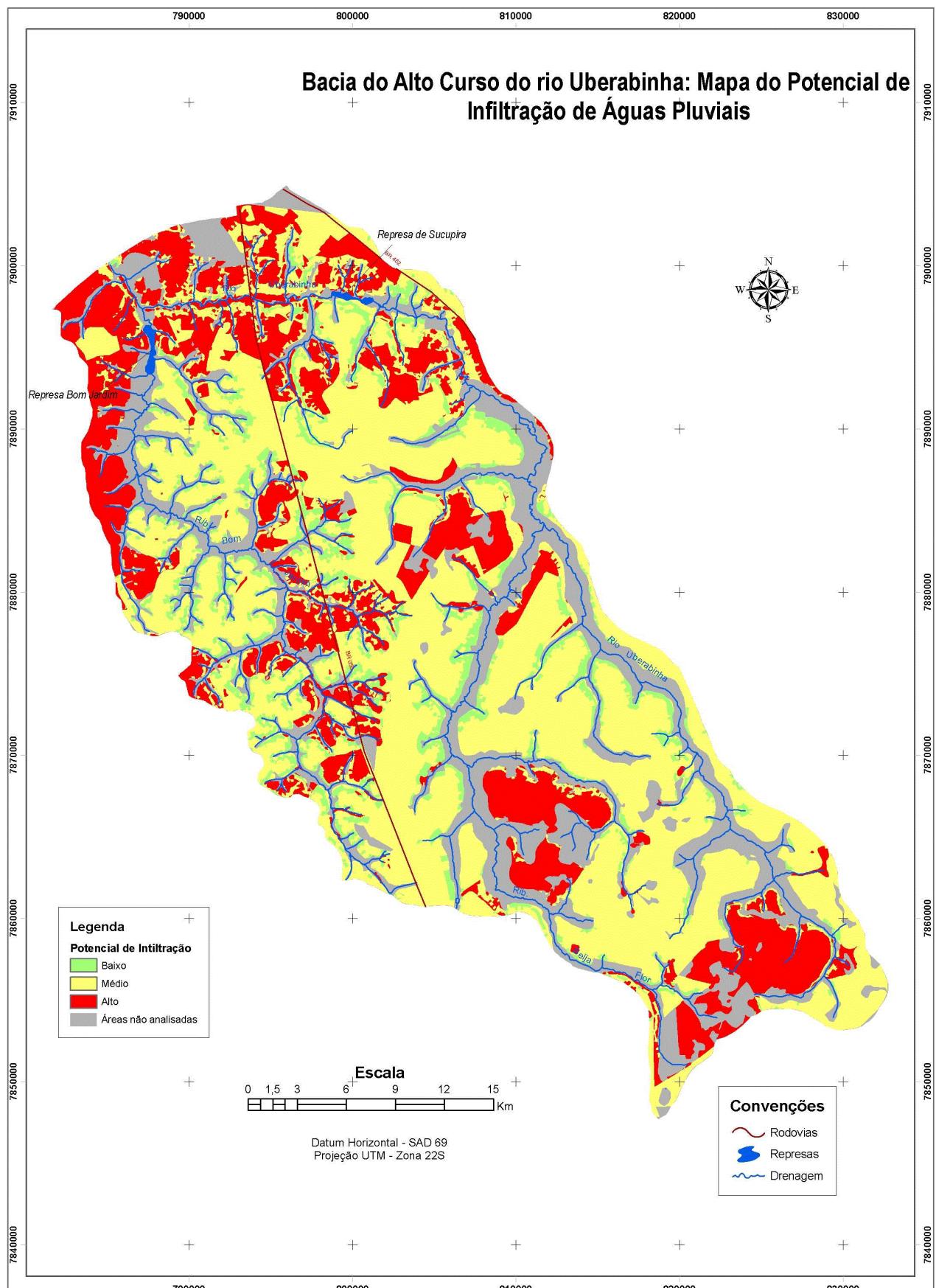
Complementando a caracterização dos aspectos geoambientais na área de estudo, Costa (2009) em seu estudo elaborou o mapa do potencial de infiltração de águas pluviais (Mapa 7) a partir das informações de declividade e condutividade hidráulica sendo esta última definida por meio de ensaios de permeabilidade realizados no campo utilizando o Permeâmetro Guelph.

Ao observar o Mapa 7 nota-se que as áreas de baixo potencial de infiltração se encontram próximo aos cursos de água, cuja declividade se torna mais acentuada. Além disso, nestas áreas ocorrem solos com textura argilosa o que, também, reduz o potencial de infiltração.

As áreas com potencial médio de infiltração estão situadas nos interflúvios ocupando aproximadamente 50% da área da bacia, fato que segundo Costa (2009), pode ser explicado, principalmente pela extensa área de relevo plano na bacia, sobretudo no alto e médio curso, no entanto na maior parte da área classificada como de potencial médio a condutividade hidráulica é baixa também, devido ao tipo do solo e ao seu nível de ocupação, na maior parte por culturas anuais e pastagens degradadas.

As áreas com alto potencial de infiltração estão relacionadas a “[...] presença de vegetação natural (como cerrado e matas ciliares ou galerias, reflorestamentos e pastagens, os quais apresentaram em sua maioria, condutividade hidráulica média), associadas com a baixa declividade do terreno (menor que 3%).” (COSTA, 2009, p. 108).

Mapa 7: Potencial de infiltração de águas pluviais na bacia do alto curso do rio Uberabinha



Fonte: COSTA, 2009

Para finalizar a caracterização dos aspectos geoambientais da bacia em questão, foram calculados alguns índices referentes às características físicas da mesma, conforme pode ser visualizado na Tabela 1, tendo a bacia uma área de 1.239 Km². Quanto a forma, calculou-se três índices: coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade.

O coeficiente de compacidade (K_c) pode ser descrito como:

[...] um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho; quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular. Se os outros fatores forem iguais, a tendência para maiores enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor deste coeficiente. (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 14)

Neste sentido, utilizando a seguinte equação: $K_c = 0,28*(P/\sqrt{A})$, onde P é o perímetro em Km e A é a área da bacia em Km², obteve-se o coeficiente de 1,46, sendo portanto uma área não muito sujeita a enchentes.

O fator de forma (K_f), também se refere a “[...] um índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma.” (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 14). A fórmula para calcular este índice é a seguinte: $K_f=A/L^2$, sendo que A é a área da bacia em Km² e L é o comprimento da bacia em Km. Como resultado obteve-se o índice de 0,32 que comprova o que foi indicado pelo coeficiente de compacidade, que a bacia não é muito sujeita a enchentes.

O índice de circularidade (I_c) pode ser definido como:

[...] a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro.

[...]

O valor máximo a ser obtido é igual a 1,0, e quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia de drenagem. (CHRISTOFOLLETTI, 1974, p. 90)

A fórmula empregada é: $I_c=A/A_c$, onde A é a área da bacia em questão e A_c é a área do círculo de perímetro igual da bacia. Sendo assim, o índice de circularidade é 0,46, podendo afirmar que a bacia não é circular.

No que diz respeito ao sistema de drenagem, foram calculados dois índices: densidade de drenagem e sinuosidade do curso de água.

A densidade de drenagem (D_d) é um índice que expressa “[...] a relação entre o comprimento total dos cursos d’água (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) de

uma bacia e a sua área total.” (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 16). Para o cálculo deste índice é utilizada a seguinte equação: $D_d = L/A$, sendo L o comprimento total dos cursos de água e A a área da bacia. Como resultado obteve-se o valor de 0,55 Km/Km² na área da bacia deste estudo.

Tabela 1: Características físicas da bacia

Características físicas de uma bacia	
Área de drenagem	1239 Km ²
Forma da bacia	
Coeficiente de compacidade	1.46
Fator de forma	0.32
Índice de circularidade	0.46
Sistema de drenagem	
Densidade de drenagem	0,55 Km/Km ²
Sinuosidade do curso d'água	1.43

A sinuosidade do rio Uberabinha que é o curso principal foi calculada, utilizando a fórmula a seguir: $\text{Sin} = L/dv$, sendo L o comprimento do canal principal e dv a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal. Desta forma o rio Uberabinha possui sinuosidade de 1,43, podendo ser considerado um canal com sinuosidade intermediária com canais regulares e irregulares.

Ainda sobre a morfometria da bacia, Feltran Filho e Lima realizaram um estudo em 2007, onde apresentaram algumas considerações morfométricas da bacia, sendo que neste trabalho serão destacados os dados de densidade de rios em três unidades ambientais delimitadas pelos autores que estão inseridas na área de estudo. No Alto Uberabinha e Beija-Flor nota-se a ocorrência de 0,1 canal/Km²; no Bom Jardim com 0,4 canal/Km² e na região da cidade de Uberlândia 0,2 canal/Km².

1.2.2 - Aspectos socioeconômicos

Os aspectos socioeconômicos interferem no processo de ocupação do solo, principalmente pela agropecuária e expansão urbana.

Sobre a agropecuária, pode-se dizer que a partir das políticas de ocupação do Brasil Central, principalmente, na segunda metade do século XX, buscando a expansão da área agricultável no país, bem como o aumento da produtividade nas áreas em que já

havia produção em pequena escala, a Bacia do Rio Uberabinha, se tornou estratégica para a implantação de projetos governamentais, tendo em vista a sua localização, entre duas cidades de destaque (Uberlândia e Uberaba) e as condições geofísicas (clima, geomorfologia, pedologia entre outras) da bacia.

A partir da década de 60 o Cerrado brasileiro passou a ser o cenário privilegiado de ações governamentais voltadas para a modernização da agricultura [...] A proposta do governo militar [...] era a do desenvolvimento integrado à economia capitalista mundial, num processo de maior internacionalização da economia brasileira. (SCHNEIDER, 1996, p.64)

Dentre os planos e programas governamentais que buscavam o desenvolvimento da agropecuária no Cerrado brasileiro nas décadas de 1960 e 1970, alguns tiveram como um dos locais de investimento a região da bacia do Uberabinha.

Todo o esforço governamental para aumentar a produção agrícola de mercado e promover sua modernização está demonstrado nos planos oficiais de desenvolvimento das décadas de 60 e 70, tais como: o Plano de Ação Econômica do Governo – PAEG (1964/66), o Plano Decenal de Desenvolvimento Econômico e Social (1967/68), o Programa Estratégico de Desenvolvimento – PED (1968/70), Metas e Bases para a Ação de Governo (1970/71) e os Planos Nacionais de Desenvolvimento: o I PND (1972/74) e o II PND (1975/79). Modernização integração ao mercado externo e propostas de financiamento se repetem nos três. (SCHNEIDER, 1996, p.65)

Para a bacia do Uberabinha, outro importante programa para desenvolvimento da agropecuária implantado no período das décadas de 1960 e 1970 foi o POLOCENTRO.

O POLOCENTRO foi um programa estabelecido para a região dos cerrados em 1975, dentro das estratégias do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND - 1975/79), que tinha como caráter mais amplo o desenvolvimento produtivo de outras regiões do país, como a Amazônia Legal. O programa foi criado pelo Decreto nº 75.320 (de 29/01/75) e objetivava “o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias da região Centro-Oeste e do oeste de Minas Gerais, mediante a ocupação racional de áreas com características de cerrados e seu aproveitamento em escala empresarial”. (CLEPS JUNIOR, 1998, p, 128)

Vale lembrar que antes da implantação dos programas supracitados, a bacia do Uberabinha era considerada de baixo valor, com solos fracos, sendo usado para pecuária extensiva.

A área de chapada do Uberabinha, tradicionalmente considerada como área de terras pobres, foi utilizada principalmente para a pecuária extensiva até o final da década de 60.

[...] essas terras eram consideradas apropriadas apenas para a criação extensiva de gado, onde o manejo se resumia a queimadas periódicas para renovação do estrato de gramíneas e consequentemente do pasto natural. As áreas hidromórficas eram submetidas ao mesmo tipo de manejo e na estação seca serviam de pastagem para animais trazidos de outras áreas do município, principalmente das vertentes do rio Araguari, onde a vegetação mais densa,

constituída principalmente por matas mesofíticas e cerradão, não propiciava abundância de gramíneas. (SCHNEIDER, 1996, p.69)

Já no início da década de 1970, houve a implantação de silvicultura em várias áreas da bacia do Uberabinha.

No início da década de 70 houve uma importante redefinição no uso da terra na área em questão. Já a partir de meados da década de 60, o governo militar brasileiro vinha criando vários instrumentos de políticas públicas que, em nome do desenvolvimento e modernização da ocupação agrícola do solo do cerrado, passaram a favorecer o cultivo de florestas homogêneas através do apoio e créditos fiscais.

As primeiras medidas governamentais que levaram à expansão do cultivo de florestas homogêneas foram a reformulação do Código Florestal e a criação de uma política nacional de incentivo ao cultivo de espécies dos gêneros Eucalyptus e Pinus. (SCHNEIDER, 1996, p.72)

Dentre as medidas governamentais supracitadas, destaca-se a Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 que institui o novo Código Florestal, sendo que o artigo 19 incentivava a transformação de florestas heterogêneas em homogêneas, artigo este que atualmente não está mais em vigor.

Art. 19. Visando a maior rendimento econômico é permitido aos proprietários de florestas heterogêneas transformá-las em homogêneas, executando trabalho de derrubada a um só tempo ou sucessivamente, de toda a vegetação a substituir desde que assinem, antes do início dos trabalhos, perante a autoridade competente, termo de obrigação de reposição e tratos culturais. (BRASIL, 1965)

Outra medida governamental relacionada a silvicultura na bacia do Uberabinha que merece destaque é Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966, que dispunha sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais, lei esta que não se encontra em vigência atualmente. Mas, dentre os artigos desta lei vale ressaltar o 1º, que diz:

Art. 1º As importâncias empregadas em florestamento e reflorestamento poderão ser abatidas ou descontadas nas declarações de rendimento das pessoas físicas e jurídicas, residentes ou domiciliados no Brasil, atendidas as condições estabelecidas na presente lei.

§ 1º As pessoas físicas poderão abater da renda bruta as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamento ou reflorestamento e relativas ao ano-base do exercício financeiro em que o impôsto fôr devido, observado o disposto no art. 9º da Lei nº 4.506, de 30 de novembro de 1964.

§ 2º No cálculo do rendimento tributável previsto no art. 53 da Lei número 4.504, de 30 de novembro de 1964, não se computará o valor das reservas florestais, não exploradas ou em formação.

§ 3º As pessoas jurídicas poderão descontar do impôsto de renda que devam pagar, até 50% (cinquenta por cento) do valor do impôsto, as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamento ou reflorestamento, que poderá ser feito com essências florestais, árvores frutíferas, árvores de grande porte e relativas ao ano-base do exercício financeiro em que o impôsto fôr devido. (BRASIL, 1966)

No final da década de 1970, também, por meio de incentivos governamentais foi introduzido, em várias áreas da bacia do Uberabinha outra commodity agrícola, a soja.

A escolha do produto a ser cultivado preferencialmente, ou seja, soja, foi decorrente da política governamental que objetivava impulsionar os produtos de exportação para a criação de divisas para o país. Segundo depoimentos de produtores locais, o governo incentivava a produção da soja fixando, através dos contratos de financiamento, a obrigatoriedade do produtor cultivá-la durante 5 anos. Por outro lado, o produtor se via favorecido pelo mercado acessível e pela alta lucratividade dessa atividade.

Entretanto, foram sobretudo as facilidades de financiamento oferecidas pelo programa POLOCENTRO que atraíram os novos sojicultores. Além da baixa taxa de juros (7% ao ano), o principal atrativo para o plantio da soja era o período de carência de três anos para o pagamento da primeira parcela do financiamento, o que significa que o início do pagamento ocorria após a terceira safra de grãos. (SCHNEIDER, 1996, p.78)

A grande produção de soja no Triângulo Mineiro resultou na criação de centros de armazenamento e processamento do produto nas principais cidades da região (Araguari, Uberlândia e Uberaba), fato este que contribuiu para o aumento da produção de soja, bem como da expansão da área plantada na região.

Recentemente, após meados da década de 2000, outra cultura tem ocupado espaço na área da bacia que é a da cana-de-açúcar com a finalidade de abastecer duas usinas sucroalcooleiras, a Usina Uberaba e a Vale do Tijuco. No entanto há projetos de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro com a construção de mais usinas, o que provavelmente acarretará uma demanda por outras áreas da bacia. Na Foto 1 pode-se observar a ocorrência da cultura no alto curso do rio Uberabinha, próximo as nascentes, no município de Uberaba.

Quanto a expansão urbana de Uberlândia nota-se que a cidade seguiu a tendência de crescimento urbano no Brasil, sendo influenciada, também, pelas políticas de ocupação do Brasil Central.

Foto 1: Cultivo de cana-de-açúcar na bacia do Uberabinha (Alto curso do rio Uberabinha – Uberaba-MG)



Autor: QUEIROZ, 2011

No que diz respeito a população urbana brasileira verifica-se que atingiu percentuais mais representativos frente a rural, já na segunda metade do século XX. Isto ocorreu, dentre várias circunstâncias, devido ao fato de que até o fim da segunda guerra mundial o Brasil ter como base econômica nas cidades as funções administrativas públicas e privadas, o pequeno comércio e serviços, contudo as principais atividades econômicas eram ligadas ao setor primário, destacando as atividades ligadas à produção agrícola e pecuária. Dessa forma, como a indústria e o comércio tinham pouca expressividade e a economia era baseada na agropecuária, o percentual da população urbana no Brasil crescia de uma forma bem lenta. Somente a partir da década de 1940, conforme a Tabela 2, percebe-se um notável incremento no processo de urbanização.

Ainda sobre os dados da Tabela 2, nota-se uma inversão no percentual da população urbana frente a rural na década de 1960.

Os anos 60 marcam um significativo ponto de inflexão. Tanto no decênio entre 1940 e 1950, quanto entre 1950 e 1960, o aumento anual da população urbana era, em números absolutos menor que o da população total do País. Nos anos 60-70 os dois números se aproximavam. E na década 70-80, o crescimento numérico da população urbana já era maior que o da população

total. O processo de urbanização conhece uma aceleração e ganha um novo patamar, consolidado na década seguinte. (SANTOS, 1994, p.30)

Tabela 2: Percentual de população urbana no Brasil

Ano	Percentual de população urbana
1872	5.90
1890	6.80
1900	9.40
1920	10.70
1940	31.24
1950	36.20
1960	45.10
1970	56.00
1980	67.70
1991	75.50
2000	81.20
2010	84.36

Fonte: OLIVEN, 1980 apud SANTOS, 1994
SIDRA - IBGE

Esse acelerado processo de urbanização ocorrido no Brasil, pode ser entendido também como sendo:

A imensa e rápida urbanização pela qual passou a sociedade brasileira foi certamente uma das principais questões sociais experimentadas no país no século XX. Enquanto em 1960, a população urbana representava 44,7% da população total – contra 55,3% de população rural – dez anos depois essa relação se inverteu, com números quase idênticos: 55,9% de população urbana e 44,1% de população rural. No ano 2000, 81,2% da população brasileira vivia em cidades. Essa transformação, já imensa em números relativos, torna-se ainda mais assombrosa se pensarmos nos números absolutos, que revelam também o crescimento populacional do país como um todo: nos 36 anos entre 1960 e 1996, a população urbana aumenta de 31 milhões para 137 milhões, ou seja, as cidades recebem 106 milhões de novos moradores no período. (ESTATUTO DA CIDADE, 2001, p.23)

No interior do Brasil, o final da década de 1950, foi muito importante para o processo de urbanização, destacando a construção e a transferência da capital federal para a região Centro-Oeste do país. Brasília foi erguida graças à migração de milhares de pessoas do Norte e Nordeste que se deslocaram para trabalhar nas obras de sua construção. Essa migração provocou também a urbanização de várias cidades que abasteciam as obras de Brasília e outras que estavam localizadas nos eixos que ligavam Brasília as principais capitais do Sudeste, São Paulo e Rio de Janeiro.

Seguindo essa perspectiva de urbanização que estava ocorrendo no Brasil, e tendo em vista a sua localização no eixo que liga Brasília a São Paulo, a cidade de Uberlândia, passou por um intenso processo de crescimento.

[...] foi visivelmente marcado por grandes transformações a partir de 40. A industrialização, a diversificação do comércio e do setor de serviços, a construção de Brasília, a intensificação do capitalismo no campo e o fortalecimento da malha rodoviária aprofundaram a divisão social do trabalho, materializada no espaço urbano através de uma maior divisão das classes sociais, gerando assim um espaço de contradições e conflitos, acompanhando a própria dinâmica da formação social brasileira. (SOARES, 1988, p. 44)

Nas décadas de 1960 e 1970, a sua influência regional, o processo de industrialização e a expansão e modernização da agropecuária fizeram com que Uberlândia passasse por um intenso período de urbanização.

A produção do espaço urbano de Uberlândia nas décadas de 60 e 70 sucedeu-se pelas transformações ocorridas tanto a nível nacional, como por suas próprias particularidades. Entre as primeiras, podemos citar a modernização no campo, resultante da intensificação da mecanização agrícola e da expansão da pecuária, e o processo de industrialização desenvolvido no País. A nível local, ocorreu um especial aumento do processo de comercialização em toda a região. Esses fatores são essenciais para a compreensão do processo de desenvolvimento do capitalismo no município e, também, para o entendimento de sua ocupação a partir da aceleração do fluxo migratório. A urbanização acompanhou a expansão da economia regional, que produziu um movimento populacional muito intenso em direção à cidade de Uberlândia. (SOARES, 1988, p. 75)

Vale destacar que para a ocorrência deste crescimento foi necessário um intenso processo de migração para a cidade, caracterizado principalmente pela:

(...) migração rural-urbana, caracterizada pela migração por etapas, em sua maior parte constituída por pessoas oriundas de municípios vizinhos e de outras regiões de Minas Gerais e de Goiás. Além dessas pessoas, é também importante o número significativo de nordestinos que passaram em sua primeira etapa pelo sul de Goiás, cuja capacidade de absorção de força de trabalho encontrava-se em franca diminuição, tendo em vista a forma de organização da sua produção, calcada na concentração fundiária e na utilização de mão-de-obra temporária no campo. (SOARES, 1988, p. 76)

O processo de migração e, consequentemente, o intenso processo de urbanização de Uberlândia tiveram dois fatores de grande importância que impulsionaram este crescimento. O primeiro, no inicio da década de 1960 quando houve a implantação de um parque industrial, em uma área que foi denominada Cidade Industrial.

A criação da *Cidade Industrial* gerou mais empregos e, consequentemente, atraiu um maior número de migrantes, que aumentaram significativamente a população urbana. Estas eram provenientes de municípios vizinhos e da zona rural, cuja migração foi decorrente das transformações ocorridas pela expansão do capitalismo no campo, com a mecanização, concentração de terras, mudanças nas relações de trabalho, etc. (SOARES, 1988, p. 65)

E o segundo, ocorreu na década de 1970, que foi a criação da Universidade Federal estimulando o movimento migratório urbano-urbano, atendendo, na sua criação, “[...] toda a região, além de parte de São Paulo, Mato Grosso e Goiás. Este fato produziu um grande fluxo populacional para a cidade com significativas mudanças culturais nos seus hábitos.” (SOARES, 1988, p. 76-77) Atualmente, além destas regiões, a Universidade possui estudantes com origem de todas as regiões do Brasil e, também, de outros países.

O processo de urbanização de Uberlândia se intensificou a partir da década de 1950 (década em que a população urbana de Uberlândia dobrou), conforme pode ser observado na Tabela 3, em contrapartida nota-se que de 1940 até 1991 a população rural reduziu consideravelmente.

Tabela 3: População residente por situação de domicílio em Uberlândia – 1940-2010

Ano	Urbana	Rural	TOTAL	% Urbana	% Rural
1940	22,123	20,056	42,179	52.5	47.5
1950	35,799	19,185	54,874	65.1	34.9
1960	71,717	16,565	88,282	81.2	18.8
1970	111,466	13,240	125,706	89.4	10.6
1980	231,598	9,363	240,961	96.1	3.9
1991	358,165	8,896	367,061	97.6	2.4
2000	488,982	12,232	501,214	97.6	2.4
2010	587,266	16,747	604,013	97.2	2.8

Fonte: Censo Demográfico de MG - 1940 - 1950 - 1960 - 1970 – 1980-2010.

Anuário Estatístico de MG, 1982 apud Soares, 1988

Anuário Estatístico de Minas Gerais, 2002

Juntamente com este processo de urbanização, surge para o poder público, especialmente o municipal, a responsabilidade de atender a população com as necessidades básicas, sendo que dentre estas, vale destacar o saneamento básico, no qual está inserido o abastecimento de água, com a captação, o tratamento e a sua distribuição. Destaca-se que, de acordo com o IGAM (2010), o consumo de água para o abastecimento público e atividades domésticas em cidades grandes (>250.000 habitantes) é de 150 a 300 litros/habitante/dia e, sabendo da população em 2010 (Tabela 3), o abastecimento em Uberlândia seria, em 2010, de 88.090 a 176.180 m³/dia. Sendo que toda a água para o abastecimento da cidade de Uberlândia é captada em duas

Estações de Tratamento de Água (ETA) na bacia do Uberabinha, a ETA Sucupira (Foto 2) que capta água no rio Uberabinha e ETA Bom Jardim (Foto 3) que capta no ribeirão Bom Jardim. A primeira estação que começou a operar foi a Sucupira em 1970, já a estação Bom Jardim foi construída 16 anos depois (1986).

Foto 2: Canal de derivação de água para captação e abastecimento da ETA Sucupira



Autor: QUEIROZ, 2011

Foto 3: ETA Bom Jardim, localizada na área urbana de Uberlândia



Autor: QUEIROZ, 2011

1.2.3 - Uso do solo

Sobre o uso do solo, Rosa (2009) destaca que:

O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a utilização por parte homem ou, quando não utilizado pelo homem , a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. (ROSA, 2009, p. 171)

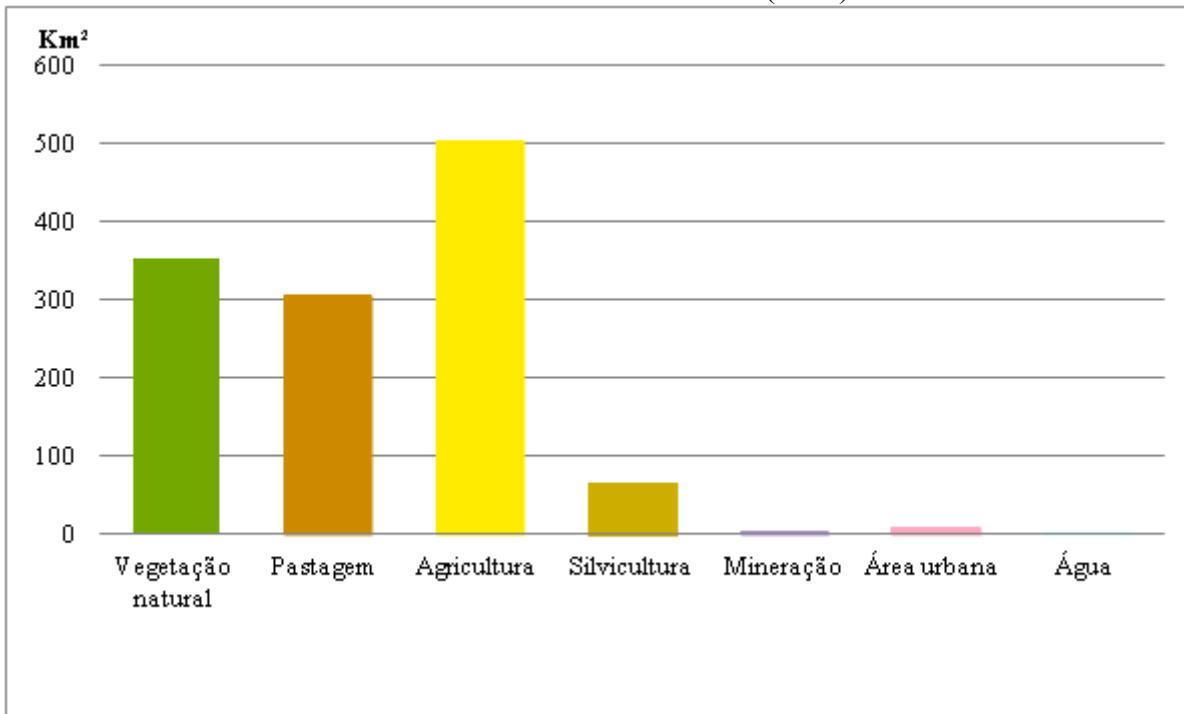
Para caracterizar o uso do solo da área de estudo foram utilizadas sete categorias de uso, sendo elas a agricultura, pastagem, silvicultura, mineração, área urbana, vegetação natural e água (Tabela 4). Ao observar o Mapa 8 é possível visualizar a espacialização das categorias de uso na bacia no ano 2011, destacando o uso da agricultura (Gráfico 3) com área de 502,2 Km² (40,5%) (Tabela 4). Dentre as culturas cultivadas destaca-se a cana-de-açúcar (em processo de expansão), a soja e o milho.

Vale destacar que para elaboração do Mapa 8 foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, do dia 09 de agosto de 2011 e para construção do mesmo foram

utilizados os softwares Arcgis 9.3 e ENVI 4.2, sendo que o Arcgis 9.3 foi utilizado com a função de recortar a área de estudo e fazer algumas adequações para melhorar a visualização do mapa e o ENVI 4.2 foi utilizado para realizar a classificação dos tipos de uso do solo.

Ao observar a Tabela 4 e o Gráfico 3 nota-se ainda que a pastagem em 2011 ocupava uma área de 306,5 Km² (24,7%). A silvicultura com uma área de 66,2 Km² (5,3% da área total) com o cultivo de eucalipto, pinus e seringueira. A mineração possuía uma área de apenas 0,8 Km² (0,1%) no alto curso, próximo as nascentes do rio Uberabinha e ribeirão Beija-Flor, com exploração de argila refratária. A vegetação natural ocupava uma área de 353,1 Km² (28,5% da área total), entendendo como vegetação natural as áreas preservadas ou regeneradas, destacando as seguintes: as veredas, os campos de murundus, os campos hidromórficos, as matas ciliares, os cerrados, os cerradões e os campo-cerrados. A área urbana e a área coberta por água representavam, respectivamente, 0,7% (8,7 Km²) e 0,1% (1,6 Km²) do total da área de estudo.

Gráfico 3: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (2011)



Fonte: INPE, 2011

Tabela 4: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (2011)

Categoria de Uso	Área total (Km ²)	Área total (%)
Vegetação natural	353,1	28,5
Pastagem	306,5	24,7
Agricultura	502,2	40,5
Silvicultura	66,2	5,3
Mineração	0,8	0,1
Área urbana	8,7	0,7
Água	1,6	0,1

Fonte: INPE, 2011

Para melhor entendimento da evolução da ocupação e do uso solo da bacia abordada neste trabalho, foram utilizados as informações de 1964, 1979 e 1994 relatadas por Scheneider (1996) e de 2004 por Bernardes (2006) (Gráfico 4 e Tabela 5), no entanto a área de estudo destes dois trabalhos é aproximadamente 40 Km² maior do que a do presente trabalho.

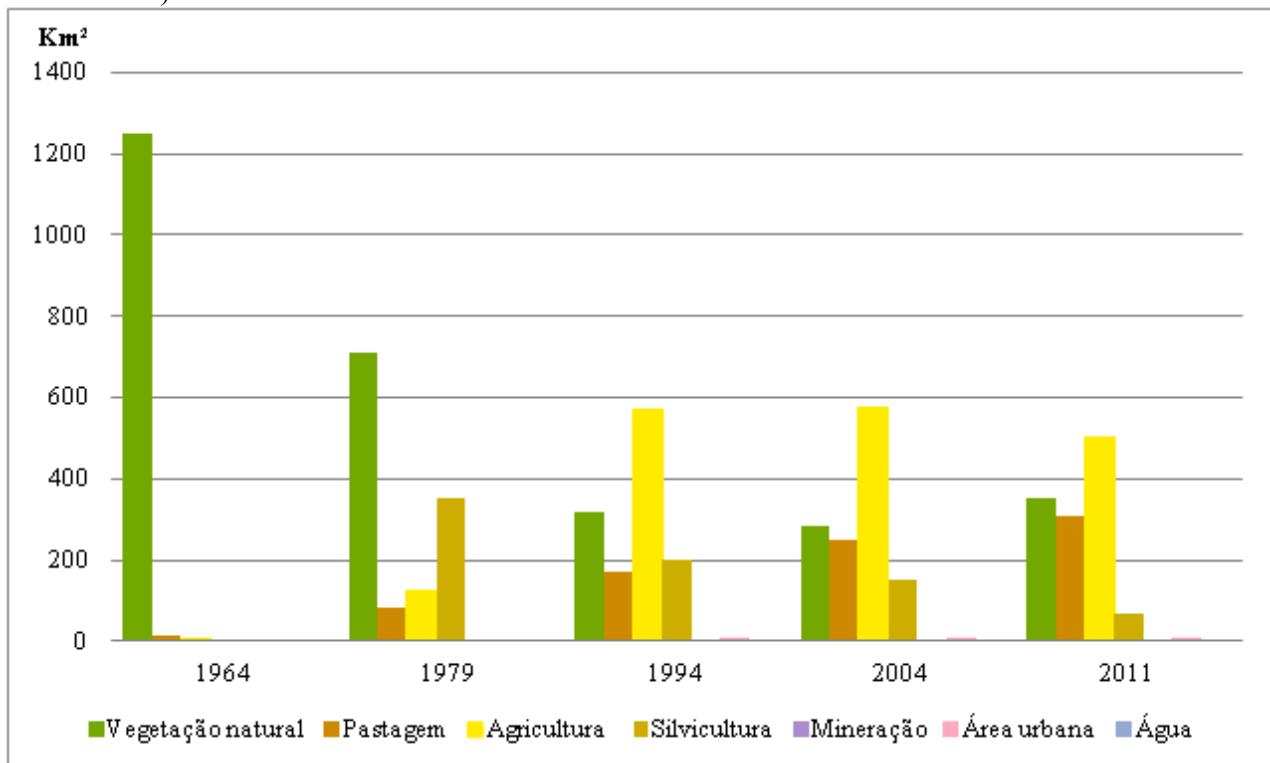
Quando analisamos o Gráfico 4 e Tabela 5, percebe-se que no período de 30 anos (1964-1994) houve uma grande redução na área de vegetação natural de 931,4 Km², aumentando em maior proporção a área ocupada pela agricultura com incremento de 562,8 Km². Verifica-se, também um aumento considerável na área de silvicultura de 1964 a 1979, aumento este que pode ser explicado pelos incentivos governamentais a esta categoria de uso do solo descritos no item referente aos aspectos socioeconômicos. Quanto a agricultura, vegetação natural e silvicultura, no período de 1994 a 2011, nota-se uma estabilização no tamanho da área destinada a estes usos. No que diz respeito as pastagens, pode-se observar que houve um aumento gradativo na área destinada a este uso ao longo do período analisado (1964-2011).

Tabela 5: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (1964, 1979, 1994, 2004 e 2011)

Categoria de Uso	1964		1979		1994		2004		2011	
	Área total (Km ²)	Área total (%)	Área total (Km ²)	Área total (%)	Área total (Km ²)	Área total (%)	Área total (Km ²)	Área total (%)	Área total (Km ²)	Área total (%)
Vegetação natural	1247,9	9927,3	710,2	147,4	316,5	40,1	284,8	22,3	353,1	28,5
Pastagem	15,0	118,9	83,4	17,3	170,2	21,6	247,3	19,3	306,5	24,7
Agricultura	6,6	52,6	125,7	26,1	569,4	72,2	573,5	44,9	502,2	40,5
Silvicultura	6,0	47,4	353,8	73,4	199,8	25,3	153,9	12,0	66,2	5,3
Mineração		0,0		0,0	4,0	0,5	4,6	0,4	0,8	0,1
Área urbana		0,0	2,3	0,5	11,4	1,4	11,5	0,9	8,7	0,7
Água		0,0		0,0	4,1	0,5	2,9	0,2	1,6	0,1

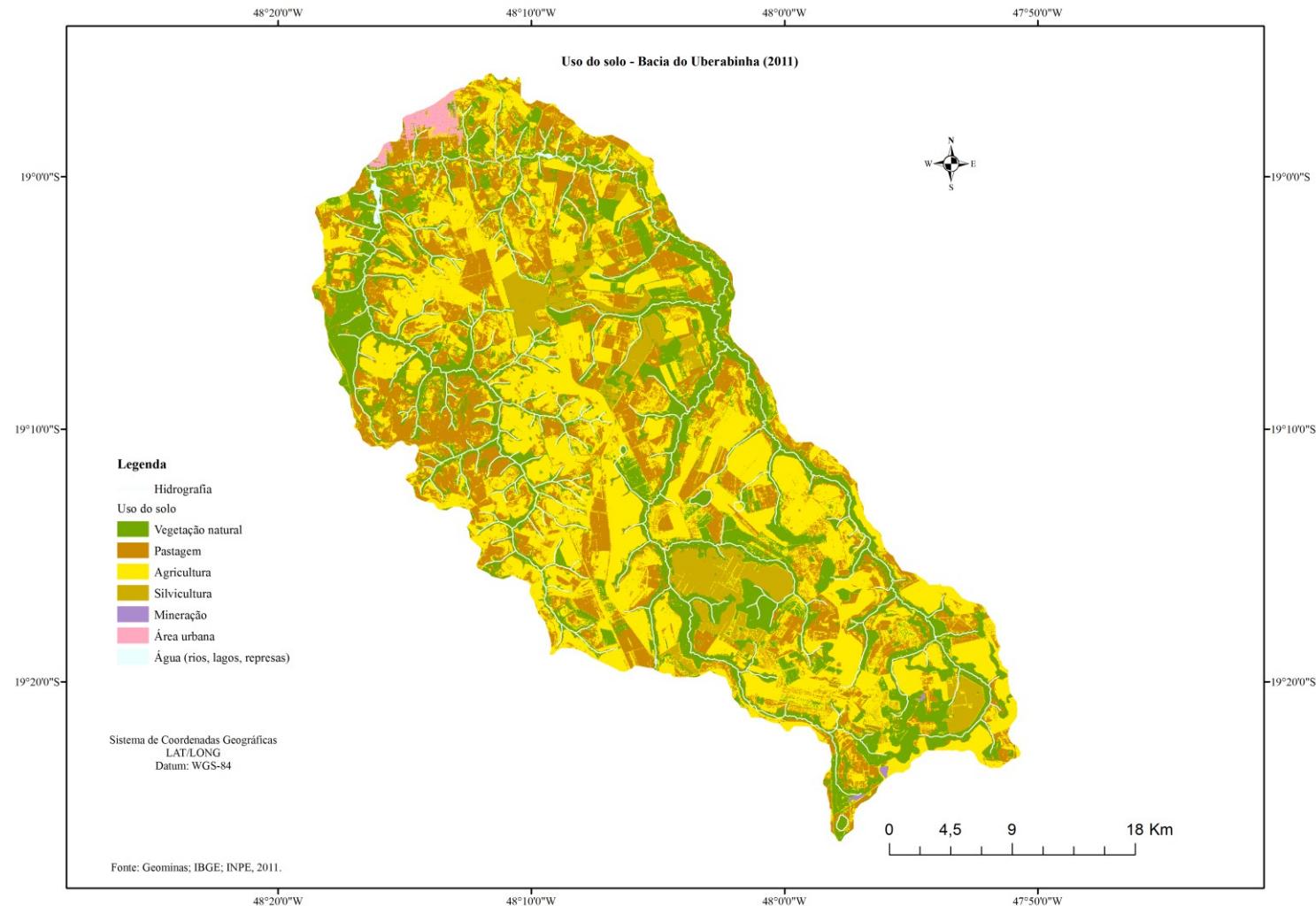
Fonte: Scheneider, 1996; Bernardes, 2006; INPE, 2011

Gráfico 4: Uso do solo na Bacia do Rio Uberabinha (Km²) (1964, 1979, 1994, 2004 e 2011)



Fonte: Scheneider, 1996; Bernardes, 2006; INPE, 2011

Mapa 8: Uso do solo (2011) – Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: Geominas; IBGE; INPE, 2011.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1- Base legal

2.1.1 - Acordos internacionais

Com o acelerado crescimento industrial em muitos países, na segunda metade do século XX surgiram alguns grupos de defesa do meio ambiente, tendo em vista os impactos gerados por este crescimento sobre os recursos naturais. Neste sentido, sabendo deste problema, foram realizadas várias convenções relacionadas ao meio ambiente, no entanto neste trabalho serão destacadas apenas três convenções e seus resultados.

A primeira convenção a ser destacada é a Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em Estocolmo, na Suécia que foi realizada em 1972 pela Organização das Nações Unidas (ONU), de onde se obteve como um dos resultados “A Declaração de Estocolmo”.

Dentre os princípios abordados na Declaração, vale aqui destacar dois: o primeiro dos direitos humanos e o segundo de preservação dos recursos naturais.

1 - O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas, em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna, gozar de bem-estar e é portador solene de obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras. A esse respeito, as políticas que promovem ou perpetuam o “apartheid”, a segregação racial, a discriminação, a opressão colonial e outras formas de opressão e de dominação estrangeira permanecem condenadas e devem ser eliminadas.

2 - Os recursos naturais da Terra, incluídos o ar, a água, o solo, a flora e a fauna e, especialmente, parcelas representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservados em benefício das gerações atuais e futuras, mediante um cuidadoso planejamento ou administração adequada. (CNRH)

Já em 1992, foi realizada a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, em Dublin, na Irlanda, que propôs a valoração da água, direito de todos os seres humanos ao acesso a água e a conservação e a preservação deste recurso.

Principle 4: Water has an economic value in all its competing uses and should be recognised as an economic good. Within this principle, it is vital to recognize first the basic right of all human beings to have access to clean water and sanitation at an affordable price. Past failure to recognize the economic value of water has led to wasteful and environmentally damaging uses of the resource. Managing water as an economic good is an important way of achieving efficient and equitable use, and of encouraging conservation and protection of water resources. (SCANLON et al., p.39, 2004)

Ainda em 1992, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, que dentre as proposições da Conferência, destaca-se a questão do ser humano no contexto do desenvolvimento sustentável, buscando uma harmonia entre homem e natureza.

Princípio 1

Os seres humanos estão no centro das preocupações com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza.

[...]

Princípio 3

O direito ao desenvolvimento deve ser exercido de modo a permitir que sejam atendidas equitativamente as necessidades de desenvolvimento e de meio ambiente das gerações presentes e futuras. (CNRH)

Dentre os resultados da Conferência do Rio 92, vale aqui destacar a Agenda 21, documento este que foi dividido em 40 capítulos distribuídos em 4 seções. A Seção II (Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento), Capítulo 18 trata da proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos, com destaque para o item 18.5 que:

- 18.5 Propõem-se as seguintes áreas de programas para o setor de água doce:
- (a) Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
 - (b) Avaliação dos recursos hídricos;
 - (c) Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
 - (d) Abastecimento de água potável e saneamento;
 - (e) Água e desenvolvimento urbano sustentável;
 - (f) Água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
 - (g) Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos. (MMA)

Como os acordos supracitados no âmbito internacional, muitos países fizeram suas próprias políticas nacionais de recursos hídricos e/ou de meio ambiente, buscando a recuperação, conservação e preservação dos recursos naturais. Neste sentido, o item a seguir tratará sobre a legislação brasileira de recursos hídricos.

2.1.2 - Legislação de recursos hídricos no Brasil

No Brasil, o primeiro marco legal que abrange todo o território nacional foi o Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, que decretava o Código de Águas. O Código foi dividido em 3 livros, cujos temas eram: águas em geral e sua propriedade; aproveitamento das águas e; forças hidráulicas – regulamentação da indústria hidroelétrica.

No que diz respeito exclusivamente a água, após o Código de Águas de 1934, somente em 1997 foi promulgada uma lei que normatiza o uso das águas no Brasil, que vigora até hoje. A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que “institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamentando, ainda, o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988”, que diz:

Art. 21. Compete à União:

[...]

XIX - instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso; (MMA, 2011, p. 607)

Vale destacar que a Lei 9.433/97 foi elaborada tendo como principal referência na gestão a recursos hídricos o modelo francês definido pela lei francesa nº. 64-1245, de 16 de dezembro de 1.964, descrita por Campos (2010) como:

A lei francesa nº. 64-1245, de 16 de dezembro de 1.964, referente ao abastecimento e distribuição de água e combate à poluição, enfoca três aspectos: o primeiro prioriza o combate à poluição e a recuperação das águas. O segundo dispõe sobre o regime e a distribuição das águas. E o terceiro prevê diversas determinações, como medidas para evitar o desperdício da água.

A lei francesa nº. 64-1245 de 1964, no artigo 13 legalizou o Comitê Nacional da Água, órgão consultivo, em que vários segmentos sociais com interesse na apropriação da água se encontram, para elaborar planos para o seu uso e disciplinar o uso e a ocupação da terra na bacia hidrográfica, com seus limites arbitrados nos interflúvios. (CAMPOS, 2010, p.104)

A Lei 9.433/97 foi dividida em 4 títulos: da Política Nacional de Recursos Hídricos; do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; das Infrações e Penalidades e; das Disposições Gerais e Transitórias.

Neste trabalho será destacado apenas o primeiro título, sendo que os quatro primeiros capítulos são a base para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O Capítulo I refere-se aos fundamentos da lei, sendo os seguintes:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (MMA, 2011, p.31)

Já o Capítulo II diz respeito aos objetivos da lei.

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. (MMA, 2011, p.31-32)

O Capítulo III trata das diretrizes gerais de ação.

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com os setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum. (MMA, 2011, p.32)

Já o Capítulo IV, refere-se aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios;
- VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. (MMA, 2011, p.32)

No entanto o inciso V, do artigo 5 foi vetado posteriormente no artigo 24 desta mesma lei.

Ainda sobre o artigo 5º, sobre o inciso III, pode-se dizer que a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos:

[...] é o instrumento pelo qual o Poder Público autoriza o usuário a utilizar as águas de seu domínio, por tempo determinado e em condições preestabelecidas. Tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água superficial ou subterrânea, e o efetivo exercício do direito de acesso à água. Os critérios de outorga, utilizados pelo Poder Público, são definidos pelos conselhos de Recursos Hídricos e comitês de Bacia Hidrográfica. (PNRH)

Vale aqui destacar, também, a Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências, no estado de

Minas Gerais, tendo em vista que a Bacia do Rio Uberabinha, de acordo com a legislação vigente é uma bacia de domínio estadual.

A Lei 13.199/99 contempla 7 (sete) capítulos, sendo os seguintes: Disposição Preliminar; Da Política Estadual de Recursos Hídricos; Dos Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos; Do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/MG; Da Participação na Gestão Integrada de Recursos Hídricos; Das Infrações e das Penalidades e; Disposições Finais. Dentre os vários aspectos citados nesta lei, vale ressaltar, neste trabalho, 2 artigos.

O artigo 3º, da Seção I, do Capítulo II (Da Política Estadual de Recursos Hídricos), trata dos fundamentos desta lei.

Art. 3º - Na execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, serão observados:

I - o direito de acesso de todos aos recursos hídricos, com prioridade para o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas;

II - o gerenciamento integrado dos recursos hídricos com vistas ao uso múltiplo;

III - o reconhecimento dos recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico, cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável;

IV - a adoção da bacia hidrográfica, vista como sistema integrado que engloba os meios físico, biótico e antrópico, como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;

V - a vinculação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos às disponibilidades quantitativas e qualitativas e às peculiaridades das bacias hidrográficas;

VI - a prevenção dos efeitos adversos da poluição, das inundações e da erosão do solo;

VII - a compensação ao município afetado por inundação resultante da implantação de reservatório ou por restrição decorrente de lei ou outorga relacionada com os recursos hídricos;

VIII - a compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;

IX - o reconhecimento da unidade do ciclo hidrológico em suas três fases: superficial, subterrânea e meteórica;

X - o rateio do custo de obras de aproveitamento múltiplo, de interesse comum ou coletivo, entre as pessoas físicas e jurídicas beneficiadas;

XI - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;

XII - a descentralização da gestão dos recursos hídricos;

XIII - a participação do poder público, dos usuários e das comunidades na gestão dos recursos hídricos. (MINAS GERAIS/SIAM)

E o artigo 9º, da Seção I do Capítulo 3 (Dos Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos), refere-se aos instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Art. 9º - São instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos:

I - o Plano Estadual de Recursos Hídricos;

II - os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;

III - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;

IV - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes;

V - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

VI - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

- VII - a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos;
- VIII - o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo;
- IX - as penalidades. (MINAS GERAIS/SIAM)

Em 2002, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) criou a Deliberação Normativa CERH – MG nº 06, de 4 de outubro de 2002, que estabelece as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (UPGRH), com o intuito de:

- 1- orientar o planejamento, estruturação e formação de comitês de bacia hidrográfica;
- 2- subsidiar a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, programas de desenvolvimento e outros estudos regionais;
- 3- subsidiar a implantação dos demais instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada desses recursos; (MINAS GERAIS/SIAM)

Dentre estas UPGRH, destaca-se, neste trabalho, a Bacia do Rio Araguari (PN2), sendo uma das subdivisões da porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

No entanto, por meio do Decreto nº 39.912, de 22 de setembro de 1998 foi instituído o comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, com as seguintes atribuições:

Art.2º - O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, órgão deliberativo e com competência normativa, terá, no âmbito de sua área de atuação, as seguintes atribuições:

- I - propor planos e programas para a utilização dos recursos hídricos;
- II - decidir, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados com o uso dos recursos hídricos;
- III - deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos;
- IV - promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;
- V - acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- VI - propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos os valores referentes a acumulação, derivação, captação e lançamento de pouca expressão, para efeito de isenção de obrigatoriedade de outorga de direito de uso de recurso hídricos, no âmbito da Bacia;
- VII - estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos da Bacia e sugerir os valores a serem cobrados;
- VIII - estabelecer o rateio de custos das obras de uso múltiplo dos recursos hídricos, de interesse comum ou coletivo;
- IX - estabelecer o rateio de custos das obras de uso múltiplo dos recursos hídricos da Bacia e sugerir os valores a serem cobrados;
- X - propor a criação de comitês de sub-bacia hidrográfica a partir de propostas de usuários e de entidades da sociedade civil. (MINAS GERAIS/SIAM)

Dentre os instrumentos citados na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e na Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13.199/99), vale aqui

destacar alguns que foram e estão sendo executados na bacia do rio Araguari, na qual está inserida a bacia do Uberabinha, objeto de estudo deste trabalho.

No que diz respeito aos Planos de Recursos Hídricos, na bacia do rio Araguari foi contratada uma empresa para a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, sendo este aprovado pelo Comitê da Bacia através da Resolução CBH-Araguari Nº 07, de 30 de julho de 2008. Ainda sobre este instrumento, no estado de Minas Gerais, o Plano Estadual de Recursos Hídricos foi aprovado pela Deliberação CERH/MG nº 260, de 26 de novembro de 2010 e pelo Decreto Nº 45.565, de 22 de março de 2011. Já no âmbito nacional o Plano Nacional de Recursos Hídricos foi aprovado pela Resolução Nº 58, de 30 de janeiro de 2006.

O instrumento de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos na bacia do rio Araguari é executado de acordo com legislação estadual, tendo em vista que a mesma é considerada uma unidade de planejamento estadual, e os critérios para outorga estão estabelecidos na Portaria IGAM nº 49, de 1 de julho de 2010 e na Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março 2012, destacando nesta Resolução a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

Art. 1 – Fica estabelecida a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência) como vazão de referência a ser utilizada para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado.

Art.2 – O limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado, por cada seção considerada em condições naturais, será de 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$.

[...]

Art. 3º - Excepcionalmente poderão ser adotados, a requerimento do interessado e mediante análise técnica prévia, fluxos residuais inferiores a 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$, desde que não se produzam prejuízos a direitos de terceiros e que as intervenções se destinem:

I – à proteção da integridade da vegetação nativa e da biota;

II - ao abastecimento público;

III – à limpeza e ao desassoreamento de curso de água;

IV - à travessia de curso de água;

V – a minimizar os riscos à saúde, à segurança e ao bem-estar da população;

VI – à proteção das condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.
(MINAS GERAIS/SIAM)

Outro instrumento já implantado na bacia do rio Araguari é a cobrança pelo uso de recursos hídricos, cuja metodologia de cobrança foi aprovada pelo Comitê através da Resolução CBH-Araguari Nº 12, de 25 de junho de 2009, sendo que alguns dispositivos foram alterados na Resolução CBH-Araguari Nº 14, de 17 de setembro de 2009, esta mesma metodologia foi aprovada, também por meio da Deliberação CERH nº 184 de 26 de agosto de 2009, sabendo que todas estas normas de cobrança pelo uso de recursos

hídricos devem seguir o Decreto nº 44.046, de 13 de Junho de 2005, que regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.

2.1.3 - Legislação de saneamento básico e o abastecimento de água no Brasil

Sabendo que o rio Uberabinha é responsável pelo abastecimento de água da cidade de Uberlândia, vale aqui destacar que na Lei 9.433/97, descrita acima, o artigo 31 refere-se a integração de políticas e planos, dentre eles a política local de saneamento básico.

Art. 31. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos. (MMA, 2011, p.38)

O saneamento básico, de acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, pode ser entendido como o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais, abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, sendo que o abastecimento de água potável é “constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;” (BRASIL, 2007)

Ainda sobre o saneamento básico no Brasil, Wartchow (2009) destaca a evolução no conceito de saneamento básico que era relacionado apenas aos serviços de abastecimento de água (SAA) e serviços de esgotamento sanitário (SES).

O conceito de Saneamento Básico, que historicamente restringia-se à água e ao esgoto, evoluiu para o Saneamento Básico com viés ambiental que engloba os SAA, SES, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais urbanas, os quais, de forma sistêmica, devem se integrar ao ordenamento e ao uso do solo, a fim de promover crescentes níveis de salubridade ambiental e a melhoria das condições de vida urbana e rural. (Wartchow, 2009, p. 273)

Dentre os desafios para implantação de serviços de abastecimento de água, Wartchow (2009) destaca alguns entraves que podem tanto reduzir a quantidade de água disponível como prejudicar a qualidade da água.

As aglomerações urbanas, a destruição das matas ciliares e a poluição dos mananciais estão fazendo desaparecer os rios e afetando a formação dos lençóis freáticos. Os rios e fontes perdem perenidade ou se tornaram irregulares, com vazões oscilantes. A ocupação urbana desordenada, o desrespeito à legislação ambiental e a falta de planejamento são agravantes de uma situação que, mesmo se tomadas as decisões corretas hoje, ainda levará décadas para mostrar sinais de melhora. (Wartchow, 2009, p. 275)

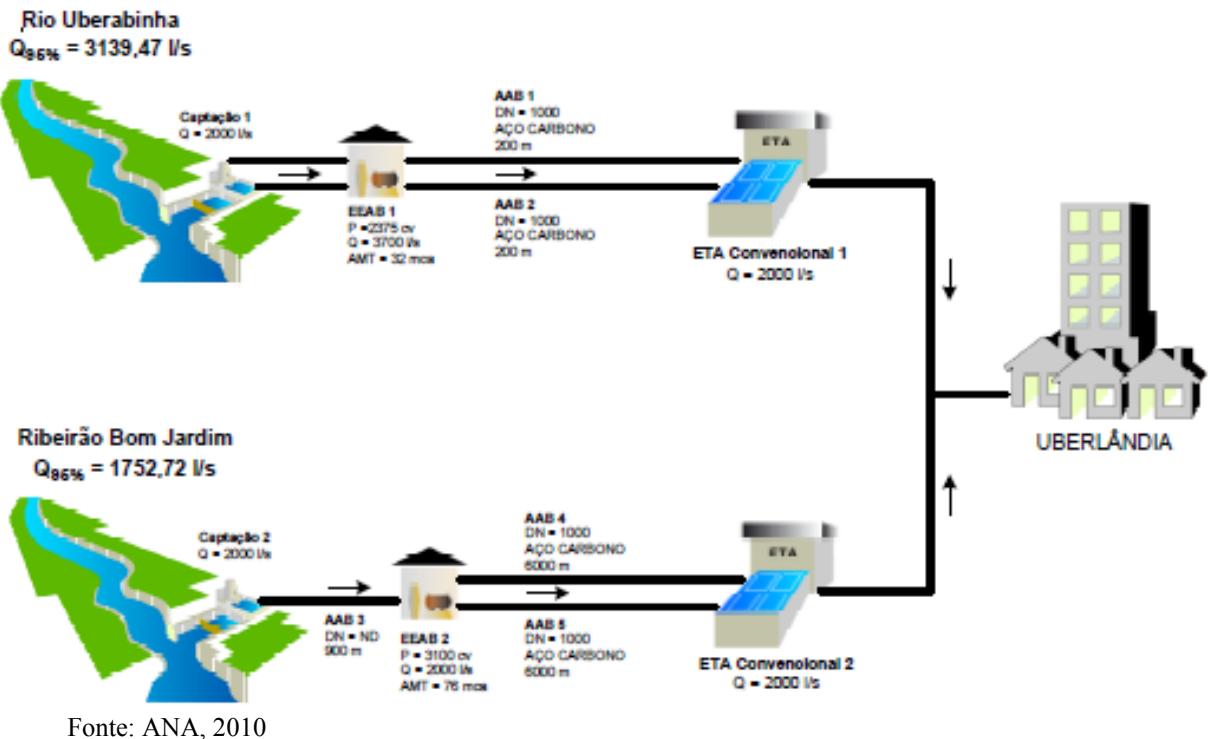
Neste sentido, Wartchow (2009), ressalta, também, que é necessário uma mudança na concepção de sistemas de abastecimento de água que tenha como objetivo o uso sustentável da água, evitando, principalmente, o desperdício e o lançamento de efluentes in natura ou com baixa qualidade nos cursos de água.

É preciso adotar uma nova cultura onde o ciclo urbano das águas seja respeitado mediante adoção de tecnologias limpas e sustentáveis visando à conservação da água (balanço hídrico das disponibilidades e demandas, uso racional, controle de perdas de água, eficientização energética dos sistemas, reuso etc), assim como, os princípios fundamentais da PNSB e da obrigatoriedade da Conexão aos SES. (Wartchow, 2009, p. 275)

Além dos problemas relacionados as ações antrópicas que podem alterar a quantidade e qualidade de água nos cursos de água e a ausência ou o uso insuficiente de tecnologias sustentáveis nos sistemas de abastecimento de água, os serviços de abastecimento de água enfrentam outro problema que diz respeito aos conflitos pelo uso dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas que são fontes de captação de água para o abastecimento, sendo que de acordo com o inciso IV, do artigo 1º da Lei 9.433/97, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, ou seja, atender todos os usos implantados na bacia. Desta forma, nas bacias onde são diagnosticados tais conflitos pode ser necessário a intervenção do poder público e/ou do comitê de bacia hidrográfica buscando atender o inciso IV, citado acima, utilizando técnicas para otimizar o uso dos recursos hídricos, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água, bem como melhorar a qualidade. Já em casos de escassez, onde mesmo com a otimização do uso dos recursos hídricos e, consequentemente, melhor gestão dos usos não resolve tal problema, deve-se observar o inciso III, do artigo 1º da Lei 9.433/97, que descreve que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais, priorizando, assim, o abastecimento de água em detrimento de alguns usos, como por exemplo, a irrigação.

Existe, hoje, uma disputa entre os usos da água. A concorrência entre o uso doméstico e produtivo é explícita nos comitês de bacias hidrográficas. Os lagos e rios estão se transformando em criadouros de algas ou cloacas, devido à retirada excessiva de água para irrigação. (Wartchow, 2009, p. 274)

Figura 1: Croqui do sistema de abastecimento de água em Uberlândia



Fonte: ANA, 2010

A partir do que foi exposto, neste trabalho será analisado o sistema de abastecimento de água de Uberlândia (Figura 1) que possui duas fontes de captação (Sucupira e Bom Jardim), fontes estas que se encontram na área de estudo. Conforme pode visualizado no croqui abaixo (Figura 1) cada fonte de captação possui sua respectiva estação de tratamento de água (ETA), no entanto, apesar das ETAs serem independentes, as mesmas são ligadas por meio de obras hidráulicas, proporcionando maior confiabilidade do sistema.

2.2 - A evolução teórica sobre os estudos ambientais

Para a melhor compreensão da questão ambiental é necessário entender que o ambiente é composto por diversos elementos que se inter-relacionam de forma sistemática. Neste sentido, pode se dizer que:

[...] um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema. (TRICART, 1977, p.19)

Desta forma, a composição de um sistema deve ter:

* elementos ou unidades – que são as suas partes componentes;

- * relações – os elementos integrantes do sistema encontram-se inter-relacionados, um dependendo dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos;
- * atributos – são as qualidades que se atribuem aos elementos ou ao sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema podemos selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados e outros;
- * entrada (input) – é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes; uma indústria recebe matéria-prima e energia para o seu funcionamento; a Terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas;
- * saída (output) – as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora. Todo produto fornecido pelo sistema representa um tipo de saída. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 2-3)

Christofoletti (1979) destaca a classificação dos sistemas para análise geográfica, e de acordo com este autor, o critério funcional e o da complexidade estrutural são os mais importantes. O critério funcional pode ser distinto em dois tipos de sistemas: sistemas isolados e não-isolados. Já a complexidade estrutural pode ser classificada em onze tipos de sistemas: sistemas morfológicos, sistemas em sequência, sistemas de processos-respostas, sistemas controlados, sistemas automantenedores, plantas, animais, ecossistemas, homem, sistemas sociais e ecossistemas humanos.

Sabendo que este trabalho, possui como área de estudo parte de uma bacia hidrográfica, de acordo com Christofoletti (1979), pode-se classificar dentre os critérios funcionais como um sistema não-isolado aberto.

- [...] os sistemas não isolados mantém relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam [...]
- *abertos, são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 14-15)

Já quanto a complexidade estrutural, segundo Christofoletti (1979), este trabalho pode ser classificado em quatro tipos: sistemas morfológicos, sistemas em sequência, sistemas de processos-respostas e sistemas controlados.

Os sistemas morfológicos são:

[...] sistemas morfológicos – são compostos somente pela associação das propriedades físicas do fenômeno (geometria, composição etc.) constituindo os sistemas menos complexos das estruturas naturais. Correspondem às formas, sobre as quais se podem escolher diversas variáveis a serem medidas (comprimento, altura, largura, declividade, granulometria, densidade e outras). (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 15)

Os sistemas em seqüência são:

[...] sistemas em seqüência – são compostos por cadeia de subsistemas, possuindo tanto magnitude espacial quanto localização geográfica, que são

dinamicamente relacionados por uma cascata de matéria e energia. O posicionamento dos subsistemas é contíguo e nesta seqüência a saída (output) de matéria e energia de um subsistema torna-se a entrada (input) para o subsistema de localização adjacente. (CHRISTOFOLLETTI, 1979, p. 15-16)

Os sistemas processos-respostas são:

[...] sistemas de processos-respostas – são formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em seqüência. Os sistemas em seqüência indicam o processo, enquanto o morfológico representa a forma, a resposta a determinado estímulo. Ao definir os sistemas de processos-respostas, a ênfase maior está focalizada para identificar as relações entre o processo e as formam que dele resultam. (CHRISTOFOLLETTI, 1979, p. 17)

Os sistemas controlados “[...] são aqueles que apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processos-respostas. A complexidade é aumentada pela intervenção humana”. (CHRISTOFOLLETTI, 1979, p. 19)

Tendo como base a Teoria Geral dos Sistemas, Sotchava, em 1963, cria o conceito de geossistema, que de acordo com Pissinati e Archela (2009), pode ser definida como a “interconexão de fluxos de matéria e de energia entre os elementos bióticos e abióticos, mas que não inseria as ações humanas como componente”. Já em 1971, Bertrand, define geossistema, propondo:

[...] uma definição que incorpora ao conceito original do “complexo territorial natural” a dimensão da ação antrópica.

[...]

Nessa perspectiva, o geossistema é, para Bertrand, uma categoria espacial, de componentes relativamente homogêneos, cuja estrutura e dinâmica resultam da interação entre o potencial ecológico: processos geológicos, climatológicos, geomorfológicos e pedológicos (a mesma evolução); a exploração biológica: o potencial biótico (da flora e da fauna naturais) e a ação antrópica: sistemas de exploração socioeconômicos. (PISSINATI; ARCHELA, 2009, p. 7)

Bertrand desenvolveu também no Brasil, a ideia de estudos da geografia física de forma a compreender a paisagem como “[...] o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”. (BERTRAND, 1971 apud PISSINATI; ARCHELA, 2009, p. 6)

Nesta mesma obra de 1971, Bertrand propõe “[...] uma hierarquia de classificação da paisagem, composta por seis níveis, subdivididos em unidades superiores (zona, domínio e região) e unidades inferiores (geossistema, geofácies e geótopo).” (PISSINATI; ARCHELA, 2009, p. 8)

Dentre as unidades superiores para análise da paisagem pode-se destacar a bacia hidrográfica, sendo uma unidade utilizada principalmente quando se relaciona a

paisagem com os recursos hídricos, tendo em vista que com a alteração da paisagem pode resultar em mudança na dinâmica hídrica.

Partindo desta ideia da relação entre a paisagem e a dinâmica hídrica, recentemente, tem sido usado em estudos que englobam as categorias de análise, a avaliação ambiental integrada que:

[...] é o processo interdisciplinar e social, ligando conhecimento e ação no contexto de decisão pública, para a identificação, análise e avaliação de todos os relevantes processos naturais e humanos e suas interações com atual e futuro estado da qualidade do meio ambiente e recursos nas apropriadas escalas de tempo e espaço, assim facilitando a definição e implementação de políticas e estratégias. (EEA,1999 apud TUCCI; MENDES, 2006, p. 236)

Assim, a bacia hidrográfica, também pode ser considerada a unidade territorial para a realização da avaliação ambiental integrada.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies de vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

[...]

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente. (SILVEIRA, 2009, p. 40-41)

2.3 - Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico pode ser entendido como o movimento da água no planeta, bem como suas mudanças de estado durante este movimento.

Para melhor compreensão deste ciclo pode-se visualizá-lo como tendo início com a evaporação da água dos oceanos. O vapor resultante é transportado pelo movimento das massas de ar. Sob determinadas condições, o vapor é condensado, formando as nuvens que por sua vez podem resultar em precipitação. A precipitação que ocorre sobre a terra é dispersada de várias formas. A maior parte fica temporariamente retida no solo próximo de onde caiu e finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Uma parte da água restante escoa sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios, enquanto que a outra parte, penetrando profundamente no solo, vai suprir o lençol d'água subterrâneo.

Devido à influência da gravidade, tanto o escoamento superficial como subterrâneo são realizados em direção a cotas mais baixas e podem, eventualmente, ser descarregados nos oceanos. Entretanto, quantidades substanciais da água superficial e subterrânea retornam à atmosfera por evaporação e transpiração antes de atingirem o oceano. (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 1)

Ainda sobre o ciclo hidrológico pode-se dizer que:

A água pode ser encontrada em estado sólido, líquido ou gasoso; na atmosfera, na superfície da Terra, no subsolo ou nas grandes massas

constituídas pelos oceanos, mares e lagos. Em sua constante movimentação, configura o que se convencionou chamar de ciclo hidrológico; muda de estado ou de posição em relação à Terra, seguindo as linhas principais desse ciclo (precipitação, escoamento superficial ou subterrâneo, evaporação), mantendo no decorrer do tempo uma distribuição equilibrada [...] (PINTO et al., 1976, p. 1)

O ciclo hidrológico pode ser tratado em duas escalas, a global e a terrestre. Neste sentido, Tucci e Mendes (2006), definem o ciclo hidrológico global como:

O ciclo da água no globo é acionado pela energia solar. Esse ciclo retira água dos oceanos através da evaporação da superfície do mar e da superfície terrestre. Anualmente cerca de $5,5 \cdot 10^5 \text{ km}^3$ de água é evaporada, utilizando 36% de toda a energia solar absorvida pela Terra, cerca de $1,4 \cdot 10^{24}$ Joules por ano (IGBP, 1993). Essa água entra no sistema de circulação geral da atmosfera que depende das diferenças de absorção de energia (transformação em calor) e da refletância entre os trópicos e as regiões de maior latitude, como as áreas polares. Em média, cerca de $5 \cdot 10^9 \text{ MW}$ é transportado dos trópicos para as regiões polares em cada hemisfério.

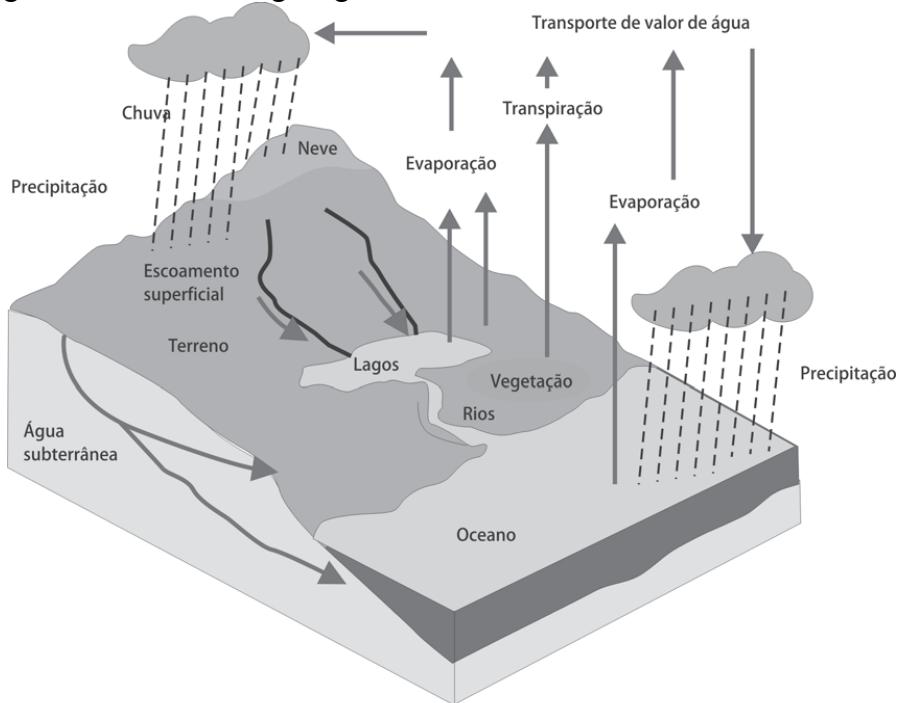
O sistema de circulação da atmosfera é extremamente dinâmico e não-linear, dificultando sua previsão quantitativa. Esse sistema cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que formam as nuvens gerando precipitação na forma de chuva e neve (entre outros) sobre os mares e superfície terrestre. A água evaporada se mantém na atmosfera, em média apenas 10 dias.

O fluxo sobre a superfície terrestre é positivo (precipitação menos evaporação), resultando nas vazões dos rios em direção aos oceanos. O fluxo vertical dos oceanos é negativo, com maior evaporação que precipitação. O volume evaporado adicional se desloca para os continentes pelo sistema de circulação da atmosfera e precipita, fechando o ciclo. [...] Em média, a água importada dos oceanos é reciclada cerca de 2,7 vezes sobre a terra através do processo precipitação-evaporação, antes de escoar de volta para os oceanos (IGBP, 1993).

Esse ciclo utiliza a dinâmica da atmosfera e os grandes reservatórios de água, que são os oceanos ($1.350 \cdot 10^5 \text{ m}^3$), as geleiras ($25 \cdot 10^5 \text{ m}^3$) e os aquíferos ($8,4 \cdot 10^5 \text{ m}^3$). Os rios e lagos, biosfera e atmosfera possuem volumes insignificantes se comparados com os acima. (TUCCI; MENDES, 2006, p. 15)

De forma sucinta, o ciclo hidrológico global descrito acima, pode ser representado pela Figura 2.

Figura 2: Ciclo hidrológico global



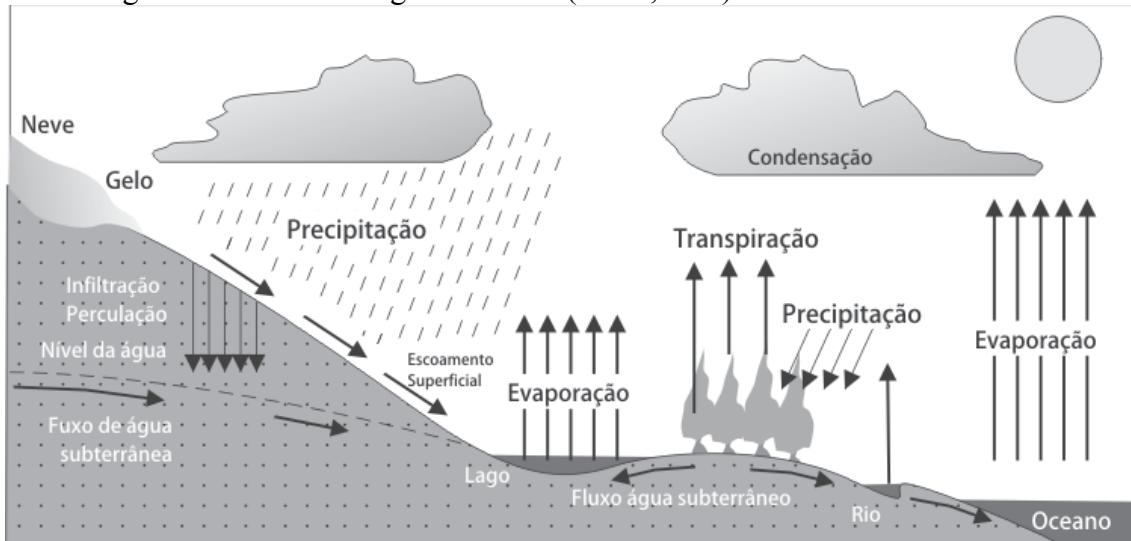
Fonte: (TUCCI; MENDES, 2006, p. 16)

Já o ciclo hidrológico terrestre é trabalhado em uma escala menor, com nível de detalhes maior, onde, de acordo com Tucci e Mendes (2006):

Os processos hidrológicos na bacia hidrográfica possuem duas direções predominantes de fluxo na bacia: vertical e o longitudinal. O vertical é representado pelos processos de precipitação, evapotranspiração, umidade e fluxo no solo, enquanto que o longitudinal pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo) [...] (TUCCI; MENDES, 2006, p. 15)

O ciclo hidrológico terrestre pode representado pela Figura 3.

Figura 3: Ciclo hidrológico terrestre (IGBP,1993)



Fonte: (TUCCI; MENDES, 2006, p. 16)

Sobre as fases do ciclo hidrológico, a seguir serão detalhadas as principais.

A precipitação é a principal fonte de entrada de água no ciclo hidrológico, sendo, também muito importante no processo de movimentação e mudança de estado, pois para ocorrer precipitação, muitas vezes a água percorre longas distâncias através das massas de ar e/ou frentes conduzindo umidade de uma região para outra, durante este processo de deslocamento, devido as condições climáticas a água pode mudar seu estado físico, podendo passar de gasoso para sólido ou líquido, e posteriormente precipitar na forma líquida ou sólida.

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. [...] O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra.

A disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia.

As características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial. (BERTONI; TUCCI, 2009, p. 177)

A precipitação pluvial é medida utilizando um pluviômetro, sendo que a unidade de medida de precipitação pluvial é milímetro (mm), medindo, assim, a altura do índice pluviométrico. Para melhor compreensão, vale destacar que 1 mm de chuva equivale a 1 litro por metro quadrado (m^2).

Após a ocorrência da precipitação, a água tende a evaporar, infiltrar ou escoar. O escoamento, conforme descreve Tucci (2009), pode ser dividido em três: superficial, subsuperficial e subterrâneo.

Os escoamentos são em geral definidos em superficial, que representa o fluxo sobre a superfície do solo e pelos seus múltiplos canais; subsuperficial que alguns autores definem como o fluxo que se dá junto às raízes da cobertura vegetal, e subterrâneo é o fluxo devido à contribuição do aquífero. Em geral, os escoamentos superficial e subterrâneo correspondem a maior parte do total, ficando o escoamento subsuperficial contabilizado no superficial ou no subterrâneo. (TUCCI, 2009, p. 395-396)

Tendo em vista que o escoamento subsuperficial pode ser contabilizado no superficial e subterrâneo, a seguir, serão descritos os dois tipos de escoamentos principais, superficial e subterrâneo.

O escoamento superficial pode ser definido como a fase que “[...] abrange desde o excesso de precipitação que ocorre logo após uma chuva intensa e se desloca livremente pela superfície do terreno, até o escoamento de um rio, que pode ser

alimentado tanto pelo excesso de precipitação como pelas águas subterrâneas.” (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 102)

O escoamento superficial pode ser dividido em duas fases, a primeira referente ao escoamento da água precipitada que escoa pelo terreno, escoamento superficial pluvial e, a segunda diz respeito a água que escoa por meio dos cursos d’água, escoamento superficial fluvial.

O escoamento superficial pluvial pode ser entendido como a água que não passa pelos processos de infiltração e evaporação, escoando, assim, pelo terreno até encontrar um curso d’água ou um obstáculo que o escoamento não consiga ultrapassar. De acordo com a origem e a forma de escoamento as águas do escoamento superficial pluvial podem ser consideradas “águas livres”, sendo que:

Na fase inicial da precipitação o escorrimento superficial forma uma película laminar que recobre as pequenas depressões do terreno. Com a continuação do processo, a lâmina superficial vai-se tornando mais espessa, passando a escoar um volume que representa a diferença entre a precipitação total e os volumes retidos, infiltrados, evaporados e acumulados nas depressões. Estas águas, que não têm ainda um caminho preferencial de escoamento, mas tão somente um sentido de escorrimento dado pela linha de maior declive no terreno, são conhecidas como “águas livres”. Seu estudo é importante para o conhecimento do processo de erosão; interessa sobretudo à agricultura nos problemas ligados à “conservação do solo”. (GARCEZ, 1967, p. 165)

Alguns fatores podem influenciar a intensidade do escoamento no terreno, dentre eles vale destacar a declividade, o tipo do solo e o seu uso, sendo que referente ao uso do solo, segundo Tucci (2009):

Quando a bacia é rural e possui cobertura vegetal, o escoamento sofre a interferência desta cobertura e grande parte dela se infiltra. O escoamento em bacias urbanas é regido pela interferência do homem através das superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais. (TUCCI, 2009, p. 409)

Já o escoamento superficial fluvial pode ser entendido como o fluxo de água nos cursos de água, sendo este resultado, principalmente, da soma do escoamento superficial pluvial e do fluxo de base (escoamento subterrâneo). Durante o período seco o fluxo de base é responsável por manter o leito com água. A água que escoa no leito dos cursos de água é chamada “águas sujeitas”, devido ao processo para formação destes cursos, sendo dependente de mais de uma fase do ciclo hidrológico, conforme foi descrito por Pinto et al (1976):

À medida que as águas vão atingindo os pontos mais baixos do terreno, passam a escoar em canalículos que formam a microrrede de drenagem. Sob a ação da erosão, vai aumentando a dimensão desses canalículos e o escoamento se processa, cada vez mais, por caminhos preferenciais. Formam-se as torrentes, cuja duração está associada, praticamente, à precipitação; a partir delas, formam-se os cursos de água propriamente ditos, com

escoamento dependendo da água superficial e da contribuição do lençol de água subterrânea. (PINTO et al, 1976, p. 36-37)

No que se refere ao escoamento superficial destaca-se cinco grandezas que o caracteriza, sendo elas, a vazão, o coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio, o tempo de concentração, a frequência (tempo de recorrência ou período de retorno) e o nível de água.

A vazão (Q) pode ser definida como o volume de água escoado por unidade de tempo em um determinado ponto do curso de água, pois normalmente ela é expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou litros por segundo (l/s).

O coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio pode ser entendido como: “É a relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade precipitada na bacia hidrográfica, pode referir-se a uma dada precipitação ou a todas as que ocorreram em um determinado intervalo de tempo.” (PINTO et al, 1976, p. 38)

O tempo de concentração “[...] é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo. Corresponde à duração da trajetória da partícula de água que demore mais tempo para atingir a seção.” (PINTO et al, 1976, p. 39)

Frequência de uma vazão pode ser definida como:

[...] é o número de ocorrências da mesma em um dado intervalo de tempo. Nas aplicações práticas da Hidrologia, a freqüência é, em geral, expressa em termos de período de retorno ou período de ocorrência T , com o significado de que, na seção considerada, ocorrerão valores iguais ou superiores ao valor Q apenas uma vez a cada T anos. (PINTO et al, 1976, p. 38)

O nível de água é altura da água em uma determinada seção do curso, visto que na maioria das vezes o nível é medido em metros.

Dentre as grandezas características do escoamento superficial supracitadas, neste estudo terão maior enfoque a vazão, o coeficiente de escoamento superficial e a frequência de uma vazão (período de retorno).

Conforme citado, além do escoamento superficial, merece destaque também o escoamento subterrâneo ou fluxo de base que é o principal responsável por manter cursos de água perenes em regiões com período de estiagem significativo. Através deste escoamento ou fluxo há a contribuição hídrica das águas subterrâneas para o curso de água.

O fluxo de base ou escoamento de base (baseflow) corresponde à descarga de água subterrânea para o rio, ou seja, é a componente subterrânea do escoamento total. [...] Em épocas de chuva, o fluxo de base desempenha papel secundário em relação ao escoamento superficial. Porém, vai se tornando predominante à medida que se procede a diminuição da vazão até se

tornar a única fonte que alimenta o rio em períodos de estiagem. (COSTA, 2005, p.22)

Ainda sobre o fluxo de base, vale destacar que ao analisar o hidrograma de determinado local com ocorrência de precipitações sazonais, é possível verificar o fenômeno conhecido como recessão do fluxo de base.

A recessão do fluxo de base refere-se à depleção da água subterrânea na ausência de recarga. Corresponde à parte do hidrograma em que a vazão vem do escoamento básico. Indica a que taxas as reservas de água subterrânea estão sendo liberadas para o rio e, assim, fornece informações a respeito das condições do aquífero (Castany 1971, Custodio & Llamas 1976, Fetter 1988, USAE 1999, Smakhtin 2001). (COSTA, 2005, p.23)

Outra importante fase do ciclo hidrológico é a infiltração que pode ser definida como:

[...] a passagem de água da superfície para o interior do solo. Portanto, é um processo que depende fundamentalmente da água disponível para infiltrar, da natureza do solo, do estado da sua superfície e das quantidades de água e ar, inicialmente presentes no seu interior. (SILVEIRA; LOUZADA; BELTRAME, 2009, p. 335)

Este processo de infiltração, de acordo com Pinto et al (1976), possui oito grandezas que o caracterizam, que são: a capacidade de infiltração, a distribuição granulométrica, a porosidade do solo, a velocidade de filtração, a cobertura vegetal, a temperatura, a presença do ar e a variação da capacidade de infiltração.

Para finalizar a descrição das fases do ciclo hidrológico, destaca-se a evapotranspiração que é o processo de transformação da água do estado líquido para o gasoso por meio da evaporação e da transpiração, sendo que:

Evaporação é o conjunto dos fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo, a dos cursos de água, lagos, reservatórios de acumulação e mares.

Transpiração é a evaporação devida à ação fisiológica dos vegetais. As plantas, através de suas raízes, retiram do solo a água para suas atividades vitais. Parte dessa água é cedida à atmosfera, sob a forma de vapor, na superfície das folhas. (PINTO et al, 1976, p. 56)

Para a ocorrência deste processo é essencial a entrada de energia no sistema (calor latente) tornando possível a transformação da água do estado líquido para o gasoso.

O processo somente poderá ocorrer naturalmente se houver ingresso de energia no sistema, proveniente do sol, da atmosfera, ou de ambos, e será controlado pela taxa de energia, na forma de vapor de água que se propaga da superfície da Terra. Esta transferência ocorre fisicamente, nas formas de difusão molecular e turbulenta. (TUCCI; BELTRAME, 2009, p. 253)

3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 - Fonte dos dados

Para a realização do presente trabalho, foram utilizados os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados no seu portal Hidroweb, pelo site <http://hidroweb.ana.gov.br/>, sendo os dados referentes às Estações Pluviométrica 1948006 (Foto 2) e Fluviométrica 60381000 (Foto 3), ambas localizadas na Fazenda Letreiro, situada nas seguintes coordenadas: latitude é 18°59'18" S e longitude 48°11'25" W (Mapa 9) e altitude de 800 metros, à uma distância de aproximadamente 2,5 Km a jusante da captação da ETA Sucupira, responsável por parte do abastecimento urbano de Uberlândia.

Foto 4: Estação pluviométrica da Fazenda Letreiro



Autor: QUEIROZ, 2010

Foto 5: Estação Fluviométrica da Fazenda Letreiro (Rio Uberabinha).



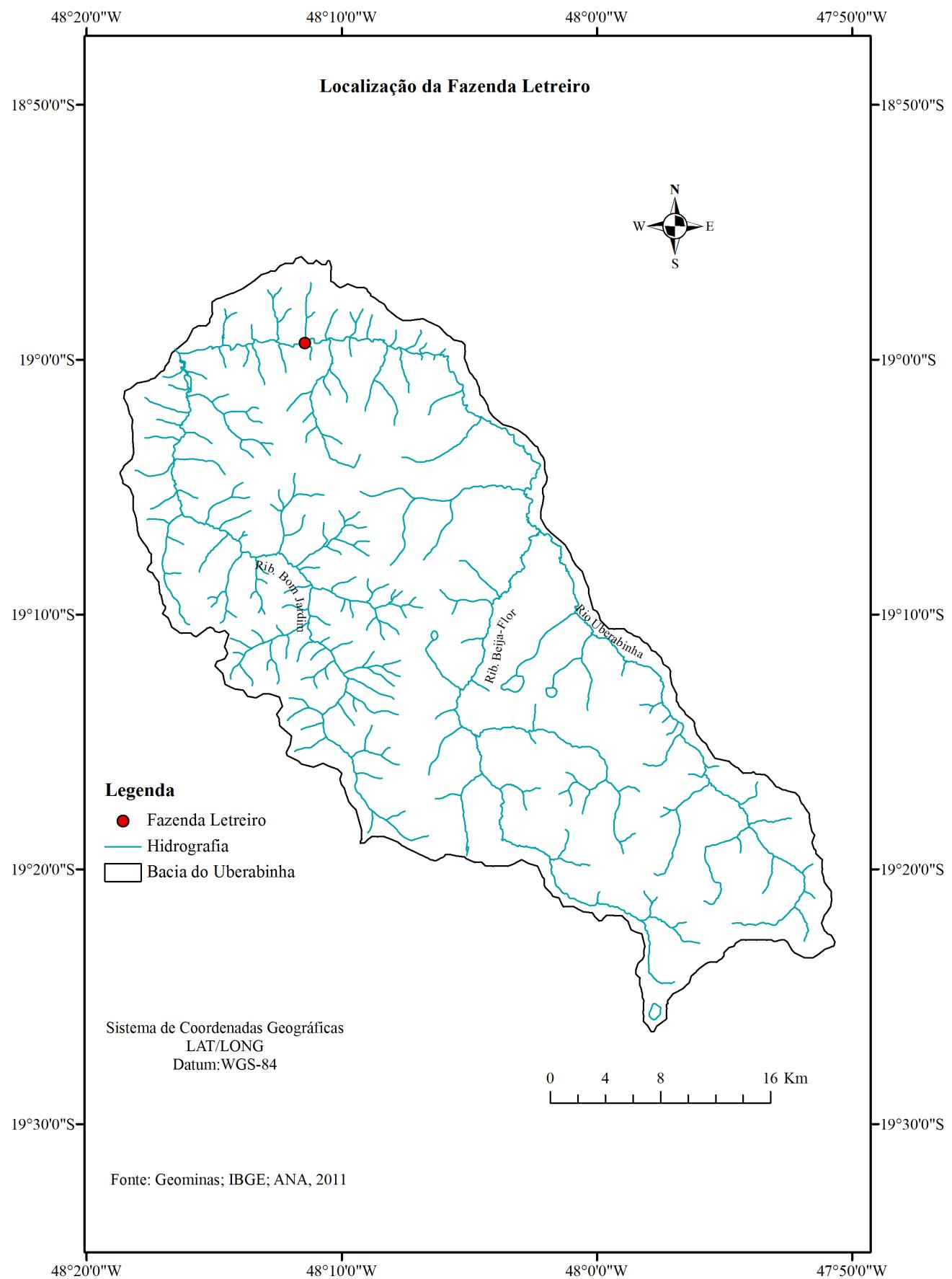
Autor: QUEIROZ, 2010

A tabulação dos dados, para posterior análise foi realizada utilizando o software Hidro 1.2, disponibilizado pela ANA, no site <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

O Hidro é uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor projetada especificamente para o ambiente gráfico Windows 32 bits (95/98/Me/NT4/2000). Seus principais objetivos são:

- Permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológica, armazenada centralizadamente em um banco de dados relacional.
- Permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidrometeorológica.
- Cálculo de funções hidrometeorológicas básicas.
- Visualização de dados (gráficos, imagens etc.). (ANA, 2002, p. 1)

Mapa 9: Localização da Fazenda Letreiro



Fonte: Geominas; IBGE; ANA, 2011

Utilizando algumas das funções do Hidro 1.2, observou-se que na estação fluviométrica, no período de 1976 a 2006 os dados estão consistidos e brutos de 2006 a 2010, já a estação pluviométrica possui dados consistidos de 1974 a 2005 e brutos de 2006 a 2010. O total de dados utilizados no estudo (consistidos e brutos) podem ser considerados satisfatórios para um estudo dessa natureza. Além destes postos, foram utilizados, dados da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no Campus Santa Mônica, cujas coordenadas são $18^{\circ}55'01''$ S e $48^{\circ}15'18''$ W, com altitude de 869 metros, da estação pluviométrica da Fazenda Inhumas do Chapadão, localizada no alto curso do Rio Uberabinha, cujas coordenadas são $19^{\circ}18'05''$ S e $48^{\circ}12'15''$ W, das estações fluviométricas da Fazenda Paraíso (latitude $19^{\circ}14'39''$ S e longitude $48^{\circ}33'44''$ W, no Rio Tijuco), da Ponte BR-153 (Faz. Nossa Senhora Aparecida) (latitude $19^{\circ}30'7''$ S e longitude $48^{\circ}51'31''$ W, no Rio da Prata) e Iraí de Minas (latitude $18^{\circ}58'41''$ S e longitude $47^{\circ}27'23''$ W, no Rio Bagagem), sendo que as estações fluviométricas foram utilizadas para comparar os dados de vazão específica com os da Fazenda Letreiro (Rio Uberabinha).

Além dos dados hidrometeorológicos, disponibilizados pela ANA, foram utilizados, dados referentes a quantidade de outorgas superficiais e subterrâneas e volume outorgado na bacia do Uberabinha, disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no site <http://www.igam.mg.gov.br/>.

Tendo em vista que a bacia é a principal fonte de água para o abastecimento da cidade de Uberlândia foram coletados junto ao DMAE os dados referentes ao abastecimento público da cidade. Com estes dados, foi possível fazer uma avaliação prévia da quantidade de água captada nas duas ETA (Sucupira e Bom Jardim), quantidade consumida pela população e por finalidade uso e o índice de perda no sistema de distribuição de água da cidade.

Ainda sobre a cidade mineira, foram coletados, no site do IBGE e Anuário Estatístico de Minas Gerais, dados populacionais de 1940 a 2010, sendo que a partir destes dados serão realizadas estimativas populacionais, visando calcular a demanda hídrica para o abastecimento urbano na cidade em cenários futuros.

3.2 - Análise prévia dos dados

Foram analisados dados pluviométricos referentes aos totais mensais e/ou diários e o número de dias sem chuva e sem chuva significativa no período de 1974 a 2010,

sendo que para a tabulação e tratamento dos dados foi utilizado o software BrOffice Calc.

Sabendo que muitos gráficos construídos no software BrOffice Calc são referentes a totais anuais, para uma melhor compreensão do regime pluviométrico ao longo dos anos foi inserido em alguns gráficos a linha de tendência linear.

Uma linha de tendência linear é uma linha reta de melhor ajuste usada com conjuntos de dados lineares simples. Seus dados serão lineares se o padrão nos pontos de dados se parecer com uma linha. Uma linha de tendência linear geralmente mostra que algo está aumentando ou diminuindo com uma taxa fixa. (MICROSOFT)

Sendo que a fórmula da linha de tendência linear desenvolvida no software BrOffice Calc é a seguinte:

$$y = mx + b$$

em que m representa o declive e b a interseção.

Ainda sobre a linha de tendência linear, vale destacar que esta ferramenta possui algumas limitações, no entanto elas não influíram nos resultados deste trabalho.

O período sem chuva significativa foi determinado utilizando os dados da evapotranspiração potencial (ETP), considerando chuva significativa aquela cujo total fosse maior que 1,5 vezes a ETP diária, conforme proposto por Santos e Assunção (2011). O valor da ETP foi calculado através do balanço hídrico climatológico, cuja metodologia de cálculo será descrita a seguir.

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, foram utilizados os dados de precipitação da Fazenda Letreiro e de temperatura da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, localizada a aproximadamente 10 Km da estação da Fazenda Letreiro e com uma diferença de altitude de 69 metros (Fazenda Letreiro: 800 metros e Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia: 869 metros).

O balanço hídrico consiste em se efetuar a contabilidade hídrica do solo, até a profundidade explorada pelas raízes, computando-se, sistematicamente, todos os fluxos hídricos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo). Tais fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração) e do próprio movimento superficial (escoamento) e subterrâneo (percolação) da água. (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 430)

A principal metodologia de balanço hídrico climatológico foi desenvolvida por Thornthwaite (1948):

Em 1948, C. W. Thornthwaite desenvolveu um método simples para estimar o balanço hídrico climático em bases mensais, usando valores médios mensais da temperatura do ar e do total pluviométrico, bem como a capacidade de armazenamento hídrico do solo. Nessa primeira versão do método, basicamente utilizada para classificação de tipos climáticos em escala global, Thornthwaite assumiu que:

- a) – o solo é considerado como um reservatório, cuja capacidade de armazenamento de água (CA) é de 100 mm;
- b) – toda a água posta a disposição do solo atende primeiramente a demanda evapotranspiratória, sendo o restante incorporado ao solo, até completar sua capacidade de armazenamento, de modo que as perdas por escoamento e infiltração só ocorrem se a capacidade de armazenamento for ultrapassada;
- c) – sempre que a água posta a disposição do solo for igual ou superior à evapotranspiração de referência, aceita-se haver perda evapotranspiratória máxima (evapotranspiração real é igual a de referência); caso contrário o solo contribui com parte de suas reservas, se estas existirem, de acordo com uma lei exponencial;
- d) – que a perda de água pelo solo, para atender a demanda evapotranspiratória é linear, ou seja: tendo muita ou pouca água armazenada, solo sempre cede toda a água requerida pela evaporação e pela transpiração das plantas presentes, até atingir o ponto de murcha permanente (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 431)

Já em 1955, juntamente com Mather, Thornthwaite aperfeiçoou a metodologia desenvolvida em 1948.

Em 1957, C. W. Thornthwaite e J. C. Mather publicaram uma versão mais avançada do balanço hídrico climático na qual a primeira e a última das hipóteses anteriormente assinaladas foram aperfeiçoadas. Nessa nova versão, a capacidade de armazenamento do solo torna-se variável e estabelecida em função de suas propriedades (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) na camada explorada pelas raízes das plantas nele presentes. (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 431-432)

Utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite & Mater (1955), cuja adaptação foi disposta em uma planilha do software BrOffice Calc desenvolvido por Rolim e Sentelhas (1999), considerando a Capacidade de Água Disponível (CAD) nos solos de 100 mm, como padrão para todos os anos do período, sendo que este foi estabelecido tendo em vista o CAD médio para os solos do Cerrado foi calculado o balanço hídrico climatológico do período de 1974-2010.

Os dados de vazão foram analisados da seguinte forma: as extremas (máximas e mínimas) do período de 1976 a 2010, ou seja, 35 anos de dados; já as análises de vazão referente a curva de permanência, hidrógrafa e vazão específica são do período de 1976 a 2006, compreendendo, assim, uma série de 31 anos ininterruptos, sendo que para o cálculo das vazões médias, máximas e mínimas, bem como para elaboração da curva de permanência e hidrógrafa completa foi utilizado os softwares Siscah e Hidro 1.2, disponível no site da ANA.

No que diz respeito aos dados de vazão, a estação fluviométrica da Fazenda Letreiro encontra-se a aproximadamente 2,5 Km a jusante da captação de água da ETA Sucupira e sabendo que a outorga para esta captação é de 3,0 m³/s e a água é captada em reservatórios, que de acordo com o IGAM, possuem aproximadamente 54 hectares (0,54 Km²) pode se dizer que tal captação interfere nos dados da estação fluviométrica que se localiza após a captação. No entanto, no Brasil a maior parte das estações fluviométricas são recentes, com aproximadamente 30 a 40 anos de dados, sendo que, muitas vezes, foram instaladas após a implantação de empreendimentos que usam a água a montante, podendo alterar o regime de vazão na seção onde a estação foi instalada. Neste sentido, Silveira et al (1998) classifica as vazões em três tipos: natural, atual e remanescente. A vazão natural pode ser definida como:

A vazão natural define a produção hídrica da bacia em sua situação primitiva e caracteriza uma realidade distante para sua determinação, pois, para reconstituir esta vazão, necessitar-se-ia de avaliações experimentais e de simulações matemáticas, com todas as limitações inerentes a este tipo de processo. Agrega-se, a estas dificuldades, a necessidade de conhecer todas as captações de recursos hídricos para a recuperação de produção hídrica não afetada. Assim, pode-se caracterizar o procedimento como inviável na sua relação com os objetivos de avaliação – a instrução de processos de outorga para uso dos recursos hídricos. (SILVEIRA et al., p. 6, 1998)

Já a vazão atual é definida:

A vazão atual é definida pela produção hídrica da bacia em relação às suas condições atuais de modificação de cobertura vegetal, de uso do solo e dos recursos naturais, não afetada por captações ou despejos. Esta vazão representa uma realidade mais próxima da situação atual da bacia. Caracteriza a vazão ou volume outorgável do corpo hídrico. (SILVEIRA et al., p. 6, 1998)

E a vazão remanescente pode ser caracterizada como:

A vazão remanescente é definida pela vazão atual diminuída das captações e acrescida dos despejos atuais. Na prática esta vazão caracteriza a vazão real da bacia, a ser tomada como a sua disponibilidade hídrica atual. É a diferença entre a vazão (ou volume) outorgável e a outorga. (SILVEIRA et al., p. 6, 1998)

Tendo em vista, o que foi citado, pode concluir que o levantamento de todos os usos de água a montante, além da quantificação de todas as intervenções que possam ter alterado de alguma forma o regime de vazão seria inviável.

[...] o levantamento detalhado dos usuários atuais da água, seria difícil recuperar o passado dos usos, suas sazonalidades e interrupções de captação. Desta forma, a recuperação ou reconstituição de um fluviograma atual, sem interferência das captações históricas, seria também, um procedimento inviável.

Em decorrência destas dificuldades, a estratégia proposta para estabelecer o cotejo das duas variáveis básicas – disponibilidade hídrica fluvial x demanda hídrica – é a de considerar um “Marco Zero” para o início do processo. Este marco considera que a disponibilidade remanescente no rio traz embutida as derivações e usos da água atualmente exercidos pelos usuários os quais podem ser levantados através de cadastros de usuários da água. (SILVEIRA, 1993 apud SILVEIRA et al., p. 6, 1998)

Assim, sabendo que a ETA Sucupira foi instalada em 1970 e a estação fluviométrica em 1976, neste trabalho serão consideradas as vazões atuais medidas na estação ao longo do período de dados disponíveis.

3.3 - Análise geoestatística dos dados

A análise estatística de dados quantitativos referente a recursos hídricos se torna essencial para a compreensão da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica.

A análise preliminar de uma amostra de dados hidrológicos comprehende um conjunto de métodos e técnicas que visam extrair as características empíricas essenciais do padrão de distribuição de uma variável hidrológica. Esse conjunto pode ser dividido em três grupos: (a) Apresentação Gráfica de Dados Hidrológicos; (b) Sumário Numérico e Estatísticas Descritivas e (c) Métodos Exploratórios. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 19)

Dentre os grupos citados, neste trabalho serão destacados a apresentação gráfica de dados hidrológicos e as estatísticas descritivas. Para apresentação gráfica foram utilizados os softwares BrOffice Calc e Siscrah, sendo construído o diagrama de linha, o hidrograma e a curva de permanência.

O diagrama de linha é uma representação gráfica “o qual dispõe os valores possíveis da variável em um eixo horizontal, enquanto os correspondentes números de ocorrências são representados pelas alturas das linhas verticais.” (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 20)

O hidrograma ou hidrógrafo pode ser definido como: “[...] a denominação dada ao gráfico que relaciona a vazão no tempo. A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica.” (TUCCI, 2009, p. 391)

Já a curva de permanência, de acordo com Naghettini e Pinto (2007), é:

[...] uma variação do diagrama de freqüências relativas acumuladas, na qual a freqüência de não superação é substituída pela porcentagem de um intervalo de tempo específico em que o valor da variável, indicado em abscissas, foi igualado ou superado. Em hidrologia, a curva de permanência é muito usada para ilustrar o padrão de variação de vazões, assim como o é para indicadores de qualidade da água, tais como turbidez de um trecho fluvial, dureza da água

e concentrações de sedimento em suspensão, entre outros. Em particular, é freqüente o emprego da curva de permanência de vazões para o planejamento e projeto de sistemas de recursos hídricos e, também, como instrumento de outorga de direito de uso da água em alguns estados brasileiros. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 28)

Ainda sobre o conjunto para análise preliminar de uma amostra de dados hidrológicos, o grupo das estatísticas descritivas, de acordo com Naghettini e Pinto (2007, p.30), “podem ser agrupadas em 3 tipos distintos: (a) medidas de tendência central; (b) medidas de dispersão e (c) medidas de assimetria e de curtose”.

No que diz respeito as medidas de tendência central, três são muito conhecidas na hidrologia, que são a média, a moda e a mediana.

O valor central representativo de uma amostra pode ser calculado por uma das medidas de tendência central ou de posição, entre as quais, as mais conhecidas são a média, a moda e a mediana. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 30)

Segundo Naghettini e Pinto (2007, p. 31-32), a média aritmética “é a medida de posição mais freqüentemente usada e tem um significado teórico importante como estimativa da média populacional”. A mediana “é definida como o valor da variável X que separa a freqüência total em duas metades iguais.” E a moda “é o valor amostral que ocorre com maior freqüência, sendo geralmente obtido a partir do polígono de freqüências relativas”.

Sobre as estatísticas descritivas, vale destacar, também, as medidas de dispersão como a amplitude, a variância e o desvio-padrão.

A amplitude, de acordo com Naghettini e Pinto (2007, p.33-34), “é a diferença entre o máximo e o mínimo da amostra, tal como expressa pela amplitude, depende exclusivamente de tais pontos. A variância é expressa em termos do quadrado das dimensões da variável original. Para conservar as unidades da variável, define-se o desvio padrão s como a raiz quadrada do desvio quadrático médio, ou seja, a raiz quadrada da variância”.

Ao trabalhar as estatísticas descritivas de uma base de dados, é importante o conhecimento das medidas de assimetria, citada acima.

Uma distribuição simétrica é aquela que apresenta simetria em relação a um eixo vertical que passa pelo valor modal, ou seja, o valor com maior freqüência (isto seria o mesmo que dizer que um lado da distribuição é imagem de espelho do outro). Nesta situação a média, a mediana e a moda são iguais. (LANNA, 2009, p.95)

Além da análise preliminar de uma amostra de dados hidrológicos, descrita acima, é importante para o conhecimento hidrológico a aplicação de modelos probabilísticos, voltados para o tema.

Para extrair conclusões de uma amostra de dados hidrológicos, que sejam úteis à tomada de decisões no planejamento e projeto de sistemas de recursos hídricos, é necessário estabelecer um modelo matemático que contenha os principais elementos do processo hidrológico que determinou a ocorrência daquelas observações.

[...]

Um modelo probabilístico, embora seja incapaz de prever com exatidão a data e a magnitude de uma enchente, por exemplo, revela-se muito útil no estudo do regime local de cheias, especificando com que probabilidade uma certa vazão irá ser igualada ou superada, em um ano qualquer. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 53)

Dentre os modelos probabilísticos, destaca-se o cálculo do período de retorno, usado no dimensionamento de obras.

[...] corresponde ao tempo médio necessário (em anos) para que o evento recorra, em um ano qualquer, e é igual ao inverso da probabilidade de que tal evento de referência ocorra.

Em hidrologia, o conceito de tempo de retorno é empregado com muita freqüência no estudo probabilístico de eventos máximos anuais, tais como enchentes ou alturas diárias de precipitação máximas anuais (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 108)

Sobre estes modelos, vale aqui citar as distribuições de valores extremos relacionadas as variáveis aleatórias continuas, as quais podem ser úteis em obras de engenharia.

A utilidade prática do estudo estatístico de extremos é grandemente aumentada pela teoria assintótica de valores extremais, cujo foco principal é a determinação das formas limites de $F_Y(y)$ e $F_Z(z)$, ou de suas respectivas densidades, quando N tende ao infinito, sem o completo conhecimento da forma exata da distribuição $F_X(x)$, da variável original. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 155)

Naghettini e Pinto (2007) descrevem que a distribuição de Gumbel de máximos é muito utilizada na análise de frequência de eventos hidrológicos. Quanto aos extremos mínimos, a distribuição de Gumbel (mínimos) é uma distribuição extrema bastante usada na análise de frequência de eventos hidrológicos mínimos anuais.

Para calcular o período de retorno das vazões e precipitações foram utilizadas algumas fórmulas, sendo que o que diferencia a distribuição de Gumbel de valores máximos da distribuição de valores mínimos é a fórmula da variável reduzida (y).

A fórmula da variável reduzida de máximos é:

$$y = -\ln(-\ln(1-1/T))$$

E a de valores mínimos é:

$$y = -\ln(-\ln(1/T))$$

Sendo que, nos dois casos, T é o período de retorno para o qual se pretende encontrar o valor de determinada vazão.

Para calcular o valor da vazão ou precipitação, que estatisticamente, pode ocorrer em determinado período de retorno (T), foi utilizada a fórmula a seguir:

$$M = \mu + \sigma x / S_n(y - \gamma_n)$$

Onde:

M = magnitude do evento;

μ = média da amostra;

σx = desvio padrão da amostra;

S_n = desvio padrão da variável reduzida;

γ_n = média da variável reduzida; e

T = período de retorno.

Os valores da média (γ_n) e do desvio-padrão (S_n) da variável reduzida são tabelados em função do tamanho da amostra (Tabela 6).

Tabela 6: Valores da média (γ_n) e do desvio-padrão (S_n) da variável reduzida em função do tamanho da amostra (n)

n	γ_n	S_n	n	γ_n	S_n	n	γ_n	S_n
10	0,4967	0,9573	45	0,5463	1,1519	73	0,5555	1,1881
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	74	0,5557	1,1890
20	0,5236	1,0628	47	0,5473	1,1557	75	0,5559	1,1898
21	0,5252	1,0696	48	0,5477	1,1574	76	0,5561	1,1906
22	0,5268	1,0754	49	0,5481	1,1590	77	0,5563	1,1915
23	0,5283	1,0811	50	0,5485	1,1607	78	0,5565	1,1923
24	0,5296	1,0864	51	0,5489	1,1623	79	0,5567	1,1930
25	0,5309	1,0915	52	0,5493	1,1638	80	0,5569	1,1938
26	0,5320	1,0961	53	0,5497	1,1658	81	0,5570	1,1945
27	0,5332	1,1004	54	0,5501	1,1667	82	0,5572	1,1953
28	0,5343	1,1047	55	0,5504	1,1681	83	0,5574	1,1960
29	0,5353	1,1086	56	0,5508	1,1696	84	0,5576	1,1967
30	0,5362	1,1124	57	0,5511	1,1708	85	0,5578	1,1973
31	0,5371	1,1159	58	0,5515	1,1721	86	0,5580	1,1980
32	0,5380	1,1193	59	0,5518	1,1734	87	0,5581	1,1987
33	0,5388	1,1226	60	0,5521	1,1747	88	0,5583	1,1994
34	0,5396	1,1255	61	0,5524	1,1759	89	0,5585	1,2001
35	0,5403	1,1285	62	0,5527	1,1770	90	0,5586	1,2007
36	0,5410	1,1313	63	0,5530	1,1782	91	0,5587	1,2013
37	0,5418	1,1339	64	0,5533	1,1793	92	0,5589	1,2020
38	0,5424	1,1363	65	0,5535	1,1803	93	0,5591	1,2026
39	0,5430	1,1388	66	0,5538	1,1814	94	0,5592	1,2032
40	0,5436	1,1413	67	0,5540	1,1824	95	0,5593	1,2038
41	0,5442	1,1436	68	0,5543	1,1834	96	0,5595	1,2044
42	0,5448	1,1458	69	0,5545	1,1844	97	0,5596	1,2049
43	0,5453	1,1480	70	0,5548	1,1854	98	0,5598	1,2055
44	0,5458	1,1499	71	0,5550	1,1863	99	0,5599	1,2060
			72	0,5552	1,1873	100	0,5600	1,2065

Fonte: CARVALHO; SILVA, 2006

3.4 - Curva de intensidade-duração-frequência das precipitações

A partir dos dados de período de retorno de precipitações máximas de 1 dia, obtidos por meio da distribuição de Gumbel de máximos, foi calculada a duração e frequência das precipitações máximas para, posteriormente, calcular a intensidade-duração-frequência (I-D-F) destas precipitações para construção da curva de I-D-F.

Sabendo que, na estação pluviométrica 01948006 (Fazenda Letreiro) a coleta de dados pluviométricos é realizada apenas uma vez por dia (acumulado de 24 horas), para construção da curva de I-D-F é necessário converter os dados, sendo que para isto, foi utilizado os valores de conversão obtidos através de estudos do DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento) (Tabela 7), disponibilizados pela CETESB (1986).

Tabela 7: Relação entre alturas pluviométricas – valores médios obtidos do estudo do DNOS

Relação entre alturas pluviométricas	Valores
5 min/30 min	0,34
10 min/30 min	0,54
15 min/30 min	0,70
20 min/30 min	0,81
25 min/30 min	0,91
30 min/1 h	0,74
1 h/24 h	0,42
6 h/24 h	0,72
8 h/24 h	0,78
10 h/24 h	0,82
12 h/24 h	0,85
24 h/1 dia	1,14

Fonte: CETESB, 1986

Após converter os dados utilizando a Tabela 7, foi necessário transformá-los para a mesma unidade de tempo, utilizando-se o minuto. Tendo todos os dados na mesma unidade (mm/min) para o período de retorno de 2 a 100 anos. A partir destes foi construída a curva de I-D-F, utilizando o BrOffice Calc, com períodos de retorno representados de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

3.5 - Trabalho de campo

O conhecimento empírico através de trabalho de campo é essencial em pesquisas geográficas que buscam entender a dinâmica da paisagem para melhor caracterização da mesma. Sendo assim, foram realizados trabalhos de campo para atender esta finalidade, bem como para ser base na realização do mapa de uso de solo servindo para conferir o uso em locais onde houve dúvida quanto ao tipo de uso, como também para ajustar a chave de interpretação.

3.6 - Construção dos mapas

Para construção dos mapas foi utilizado o software Arcgis 9.3 (licenciado para o Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia), tendo como bases cartográficas as cartas topográficas na escala de 1:100.000, disponibilizadas no site do IBGE. As cartas utilizadas foram as de Nova Ponte, Miraporanga e Uberlândia, cujos códigos são, respectivamente, SE-23-Y-C-I, SE-22-Z-D-III e SE-22-Z-B-VI.

No entanto, as variáveis utilizadas, hipsografia e hidrografia, são disponibilizadas no formato DGN, sendo necessária a conversão para o formato shapefile, conversão esta realizada utilizando o software Arcgis 9.3. As variáveis citadas foram utilizadas para a delimitação da bacia hidrográfica referente a área de estudo e para a representação das mesmas em mapas.

Para elaboração do mapa de uso do solo foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, do dia 9 de agosto de 2011, imagens obtidas através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Na construção deste mapa foram utilizados os softwares Arcgis 9.3 e ENVI 4.2 (licenciado para o Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia), sendo que o Arcgis 9.3 foi utilizado com a função de recortar a área de estudo e fazer algumas adequações para melhorar a visualização do mapa e o ENVI 4.2 foi utilizado para realizar a classificação dos tipos de uso do solo.

3.7 - Estimativa populacional

Para estimar a população urbana de Uberlândia foi utilizada a metodologia adotada pelo IBGE para estimativas populacionais municipais.

O modelo adotado para estimar os contingentes populacionais dos municípios brasileiros emprega metodologia desenvolvida pelos demógrafos Madeira e Simões, onde se observa a tendência de crescimento populacional do município, entre dois Censos Demográficos consecutivos, em relação a mesma tendência de uma área geográfica hierarquicamente superior (área maior). (IBGE)

Para aplicar esta metodologia foi necessário o uso do trabalho “Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 1980-2050 – Revisão 2008”, publicado pelo IBGE (http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/projepro.pdf), visto que para realizar esta projeção o IBGE utilizou o chamado Método das Componentes, que compreende as informações sobre as tendências observadas de mortalidade, de fecundidade e de migração em nível nacional. Com base

nesta projeção da população do Brasil, foi possível estimar a população da cidade de Uberlândia nos anos de 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 e 2050.

O método de tendência de crescimento demográfico adotado tem como princípio fundamental a subdivisão de uma área maior, cuja estimativa já se conhece, em n áreas menores, de tal forma que seja assegurada ao final das estimativas das áreas menores a reprodução da estimativa, pré-conhecida, da área maior através da soma das estimativas das áreas menores. (Madeira e Simões, 1972 apud IBGE)

Seguindo esta ideia e tendo em vista a metodologia utilizada para as estimativas da população residente nos municípios brasileiros para 1º de julho de 2011, instalados até o Censo Demográfico de 2010 e com populações superiores a 100.000 habitantes, considera-se como área maior o Brasil e como áreas menores estes municípios. Desta forma, pode-se dizer que a cidade de Uberlândia se enquadra em tal metodologia.

Para estimar a população de Uberlândia foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$P_i(t) = a_i P(t) + b_i$$

Sendo que a_i e b_i são:

$$a_i = \frac{P_i(t_1) - P_i(t_0)}{P(t_1) - P(t_0)}$$

$$b_i = P_i(t_0) - a_i P(t_0)$$

Onde:

$P_i(t)$ = população estimada de Uberlândia no ano de referência

$P_i(t_1)$ = população de Uberlândia em 2010 (Censo Demográfico)

$P_i(t_0)$ = população de Uberlândia em 2000 (Censo Demográfico)

$P(t)$ = população estimada do Brasil no ano de referência (Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 1980-2050 - Revisão 2008)

$P(t_1)$ = população do Brasil em 2010 (Censo Demográfico)

$P(t_0)$ = população do Brasil em 2000 (Censo Demográfico)

a_i = coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor i (Uberlândia) em relação ao incremento da população da área maior (Brasil)

b_i = coeficiente linear de correção

Além da estimativa, foi calculada, também, a taxa média anual de crescimento geométrico, a partir dos dados populacionais, com a seguinte fórmula:

$$r = \sqrt[t]{P_t/P_0} - 1$$

Sendo:

P_t = a população no instante t

P_0 = a população inicial

t = o intervalo de tempo entre essas datas, medido em ano e fração de ano

Cabe aqui destacar que os resultados obtidos por meio da estimativa populacional e a análise dos mesmos se encontram no tópico “Demanda hídrica e o abastecimento público da cidade de Uberlândia”.

4 - ANÁLISE HIDRO-CLIMATOLÓGICA E A DEMANDA HÍDRICA

Neste capítulo serão analisados as informações referentes à precipitação e vazão na área de estudo inserida na bacia do rio Uberabinha, com a maior parte dos dados provenientes da Fazenda Letreiro, valendo-se também de dados de precipitação da Fazenda Inhumas do Chapadão e de precipitação e temperatura da Estação Climatológica da UFU.

4.1 - Precipitação

Conforme descrito, no capítulo sobre o ciclo hidrológico, a precipitação é a principal fonte de entrada de água no ciclo. Neste sentido, serão analisadas alguns dados referentes à precipitação na área de estudo deste trabalho.

Inicialmente, serão analisados os totais pluviométricos médios mensais, do período de 1975 a 2010 (Gráfico 5 e Tabela 8), onde se observa que os maiores índices ocorreram no período de outubro a março (período chuvoso), totalizando 1270 mm médios anuais, o que equivale, em média, a 86% das chuvas anuais (1474 mm). Neste período, que corresponde à estação chuvosa, as precipitações médias mensais variaram entre 107 (outubro) e 298 mm (dezembro) (Tabela 8 e Gráfico 5).

Já de abril a setembro, a pluviosidade diminuiu consideravelmente atingindo patamares relativamente baixos, representando os 14% restantes da média dos totais anuais, contribuindo assim, com apenas 204 mm para o total anual médio que é de 1474 mm. Nestes seis meses, que correspondem à estação seca local, os índices pluviométricos médios mensais variaram entre 10 mm em julho a 79 mm em abril (Gráfico 5 e Tabela 8).

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 5, assim como as precipitações médias mensais, a média do número de dias com chuva mensal é maior no período de outubro a março, variando de 9 a 18 dias, correspondendo a 85% da média de dias de chuva no ano. Já de abril a setembro, no período mais seco, a variação foi de 1 a 7 dias, correspondendo a 15% dos dias com chuva durante o ano. Todavia, durante a estação seca é comum a ausência de registro de precipitações por longos períodos, havendo a possibilidade de até três meses sem chuvas, como é o caso dos anos de 1981, 1985, 1991 e 2008 (Tabela 8).

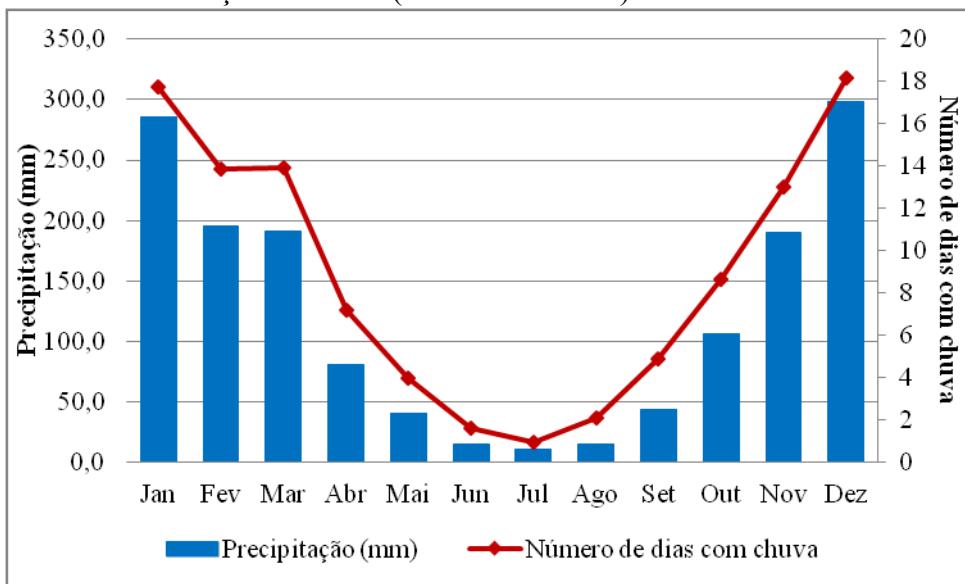
Na Tabela 8, pode-se notar que é comum nos meses de junho, julho e agosto não ocorrer registro de precipitação, sendo que nos 36 anos de dados, o número de anos sem chuva nesses meses é alto, com 12, 18 e 16 ocorrências em junho, julho e agosto, respectivamente, o que representa 33, 50 e 44% do total de anos analisados. Ainda sobre este trimestre mais seco, observa-se no período de dados apresentados, que os totais pluviométricos mensais nunca ultrapassaram os 90 mm mensais.

Tabela 8: Totais de Precipitações Mensais (mm) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1975	244	196	77	125	52	28	17	0	0	113	235	276	1363
1976	139	80	214	30	13	0	5	20	26	78	215	400	1219
1977	235	72	143	117	25	8	0	4	43	137	216	112	1110
1978	246	157	64	78	58	26	10	0	66	137	209	298	1349
1979	252	247	152	45	25	0	0	0	0	0	177	242	1140
1980	327	259	85	85	12	16	0	27	58	40	210	311	1431
1981	266	86	161	18	2	64	0	0	0	227	206	297	1326
1982	535	142	305	54	95	29	16	29	3	112	168	359	1846
1983	407	290	174	123	51	1	60	5	79	172	221	293	1876
1984	119	159	191	72	50	0	0	37	70	83	262	232	1274
1985	437	85	263	83	10	0	0	0	24	25	125	148	1200
1986	145	110	202	68	41	0	44	84	22	87	45	465	1313
1987	279	137	288	52	26	12	1	6	69	151	208	359	1588
1988	202	274	116	50	27	12	0	0	16	19	34	248	999
1989	150	288	130	65	17	15	89	21	52	34	332	324	1517
1990	162	146	117	35	91	0	46	51	47	72	167	164	1096
1991	220	155	325	94	5	0	0	0	21	58	119	277	1274
1992	391	342	123	141	60	0	0	10	106	264	367	255	2060
1993	253	223	148	46	20	66	0	16	71	125	112	464	1543
1994	231	55	349	55	23	15	8	0	5	156	121	267	1284
1995	160	470	169	46	121	7	0	0	37	72	77	304	1463
1996	206	206	125	49	48	7	0	3	124	65	258	130	1219
1997	329	104	244	61	18	85	0	0	39	103	383	306	1671
1998	195	210	180	94	71	0	0	53	1	120	116	192	1232
1999	248	154	287	58	9	7	0	0	61	31	186	234	1274
2000	361	252	316	70	0	4	13	8	110	75	130	211	1548
2001	269	94	174	22	68	2	1	76	18	65	228	446	1462
2002	256	331	115	6	36	0	1	0	39	50	183	414	1431
2003	712	137	315	160	55	0	0	7	35	63	257	198	1938
2004	254	238	73	124	15	17	20	0	2	102	138	454	1438
2005	487	43	183	109	93	42	0	7	58	70	201	273	1565
2006	218	230	369	217	31	0	0	21	77	288	307	525	2285
2007	503	222	137	59	18	28	31	0	13	130	197	287	1626
2008	193	272	295	226	64	0	0	0	40	206	86	367	1750
2009	481	325	182	85	61	36	12	54	156	184	149	351	2077
2010	183	251	87	34	25	12	2	0	11	125	318	239	1287
Média	286	196	191	79	40	15	10	15	44	107	193	298	1474
Nº de meses sem chuva	0	0	0	0	1	12	18	16	2	0	0	0	49

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

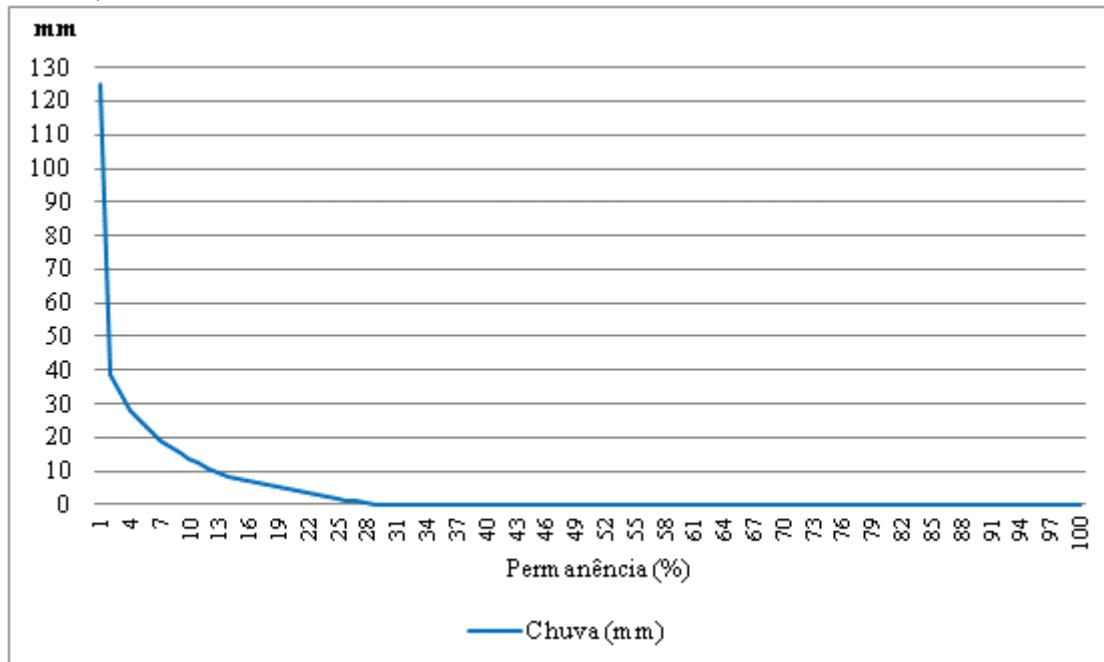
Gráfico 5: Alturas médias mensais de precipitações e número médio mensal de dias com chuva na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Ao observar o Gráfico 6, nota-se que em 28% dos dias do período analisado foram registradas precipitações, sendo que em apenas 12% dos dias ocorreram precipitações superiores a 10 mm, 6% dos dias superiores a 20 mm e 3% superiores a 30 mm.

Gráfico 6: Curva de permanência de precipitações na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Neste trabalho foram analisadas, também, as precipitações máximas ocorridas em 1 dia ao longo do ano, sendo que ao aplicar as fórmulas das estatísticas descritivas (Tabela 9), nota-se que quanto as medidas de tendência central, a média das precipitações máximas no ano são de 84,1 mm, a moda é 69,3 mm e a mediana 78,5 mm, já as medidas de dispersão, a amplitude é de 82,2 mm, a variância de 456,7 mm e o desvio-padrão de 21,4 mm.

Tabela 9: Estatísticas descritivas das precipitações máximas diária/ano

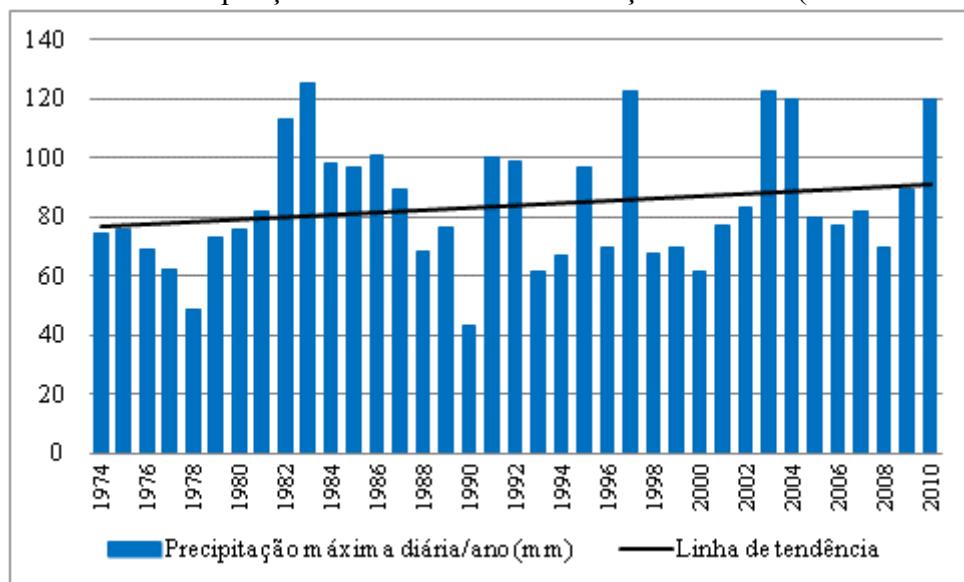
Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
84,1	69,3	78,5	82,2	456,7	21,4

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

De acordo com o Gráfico 7, nota-se que a precipitação máxima diária por ano oscilou bastante ao longo do período analisado (1974-2010) com alguns picos chegando a atingir índices superiores a 100 mm/dia, nos anos de 1982, 1983, 1986, 1991, 1997, 2003, 2004 e 2010, destacando que nos anos de 1983, 1997, 2003, 2004 e 2010 a precipitação máxima diária alcançou 120 mm. Já nos anos de 1978 e 1990, a precipitação máxima diária/ano foi inferior a 50 mm.

No Gráfico 7 pode ser visualizado, também, a linha de tendência, onde verifica-se uma tendência de aumento nos índices de precipitação máxima diária/ano ao longo do período analisado (1974-2010).

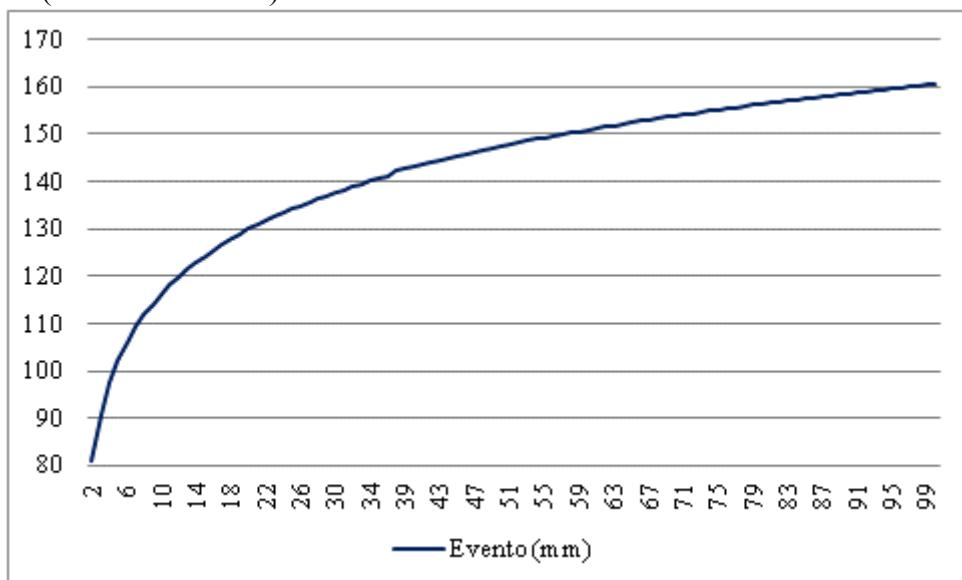
Gráfico 7: Precipitação máxima diária/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Com base nos dados de precipitação máxima diária/ano, foram calculados, estatisticamente, o período de retorno em anos de uma precipitação máxima diária, utilizando a distribuição de Gumbel de máximos. Ao analisar o Gráfico 8, destaca-se alguns dados de precipitação referente a determinado período de retorno, sendo que, pode-se dizer que no período de 2 anos poderá ocorrer uma precipitação diária de 81 mm; no período de 5 anos uma precipitação de 102 mm; no período de 10 anos uma precipitação diária de 116 mm; no período de 20 anos uma precipitação de 130 mm; no período de 50 anos uma precipitação de 147 mm; e no período de 100 anos uma precipitação de 161 mm. A partir das informações de período de retorno de precipitações máximas (Gráfico 8), é possível adotar medidas preventivas de enchentes, bem como dimensionar a capacidade de armazenamento de água e amortecimento de enchentes em reservatórios na área de estudo e na área a jusante.

Gráfico 8: Período de retorno de precipitações máximas (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Além de dados referentes aos totais de precipitação, foram analisados ainda os períodos de escassez pluviométrica ao calcular o número de dias consecutivos sem chuva por ano no período de 1974 a 2010. Tendo como base as estatísticas descritivas (Tabela 10), no que diz respeito as medidas de tendência central nota-se que em média ocorre 66,6 dias sequenciais sem ocorrer chuva, a moda é de 83 dias e a mediana de 59,5 dias. Já quanto às medidas de dispersão a amplitude é de 138 dias, a variância é 901 dias e o desvio-padrão de 30 dias.

Tabela 10: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva/ano

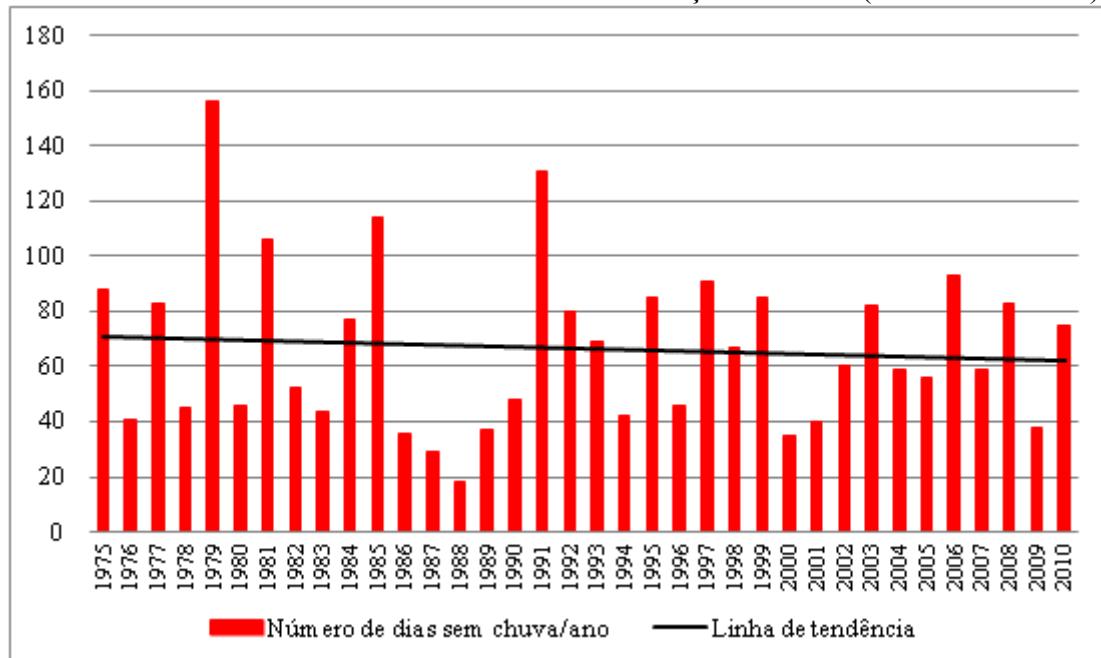
Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
66,6	83,0	59,5	138,0	901,0	30,0

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Conforme o Gráfico 9, nota-se que o número de dias consecutivos sem chuva por ano oscilou bastante ao longo do período. Verifica-se que em alguns anos atingiram mais de 100 dias sem chuva podendo gerar problemas relacionados a escassez hídrica na região, como é o caso dos anos de 1979, 1981, 1985 e 1991, visto que no ano de 1979 ocorreram 156 dias sem chuva. No entanto, nos anos de 1986, 1987, 1988, 2000, 2001 e 2009, o número de dias consecutivos sem a ocorrência de precipitação foi inferior a 40 dias.

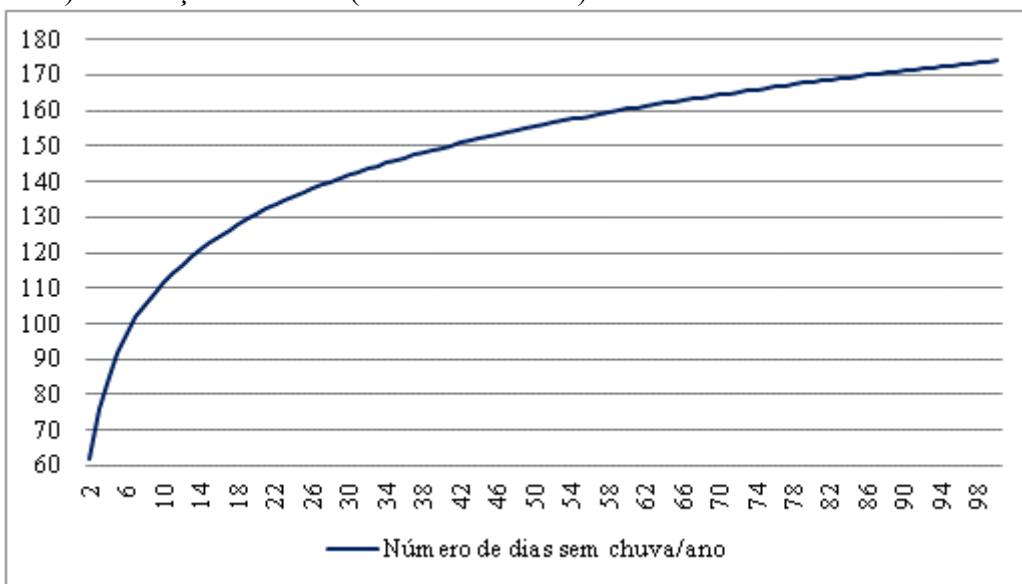
No que diz respeito a linha de tendência, nota-se uma pequena tendência de queda no número de dias sem chuva por ano durante o período analisado.

Gráfico 9: Número de dias sem chuva/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Gráfico 10: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

A partir dos dados de número de dias consecutivos sem chuva por ano, foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de máximos, sendo que ao observar o resultado deste cálculo através do Gráfico 10, percebe-se que dentro de 2 anos poderá ocorrer um intervalo de 62 dias sem chuva; no período de 5 anos um intervalo de 92 dias; no período de 10 anos um intervalo de 112 dias; no período de 20 anos um intervalo de 131 dias; no período de 50 anos um intervalo de 156 dias; e no período de 100 anos um intervalo de 174 dias sem chuva.

Além do número de dias consecutivos sem chuva por ano, foi analisado, também, o número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, e conforme descrito no capítulo referente aos procedimentos metodológicos, para considerar a chuva como significativa, deve atingir valor 1,5 vezes maior que a evapotranspiração potencial diária, conforme proposto por Santos e Assunção. Ao analisar os valores encontrados, calculou-se as estatísticas descritivas (Tabela 11). Quanto as medidas de tendência central, em média ocorreram 76 dias consecutivos sem chuva significativa, a moda foi de 88 e a mediana de 80 dias. Já, no que se refere as medidas de dispersão amplitude foi de 121 dias, a variância de 1021,8 e o desvio-padrão de 32 dias.

Tabela 11: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano

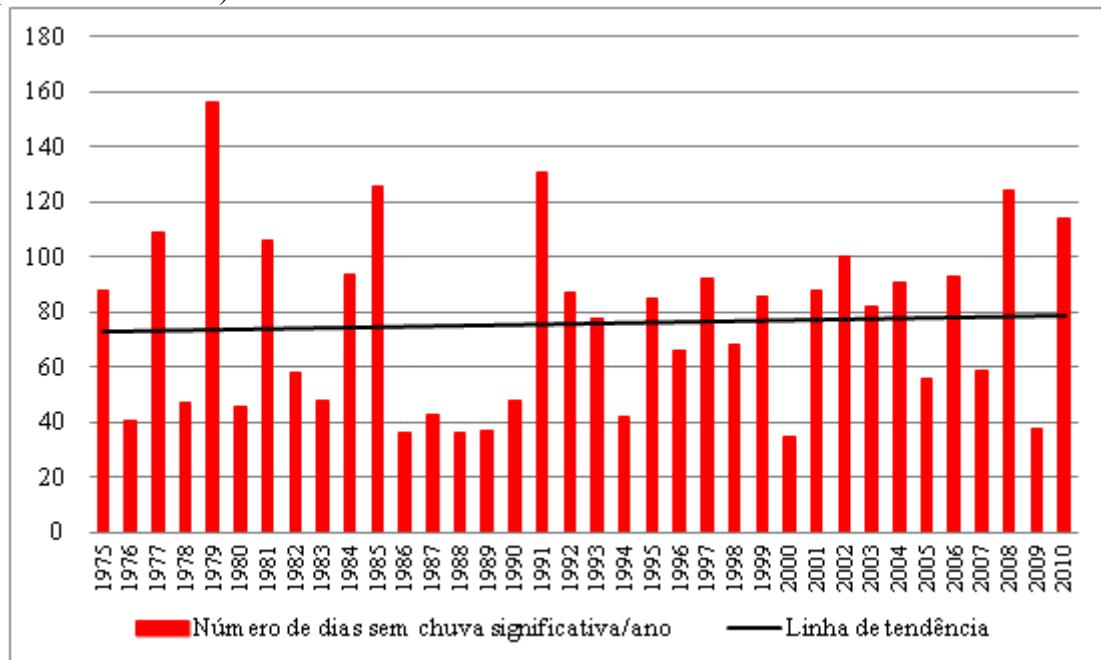
Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
75,9	88,0	80,0	121,0	1021,8	32,0

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Ainda sobre o número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, ao observar o Gráfico 11, nota-se que o número de dias oscilou bastante. Destacam-se os anos de 1977, 1979, 1981, 1985, 1991, 2002, 2008 e 2010 com ocorrência de mais de 100 dias consecutivos (sem chuva significativa), sendo que nos anos de 1979, 1985, 1991 e 2008 superaram 120 dias sem chuva significativa. Já nos anos de 1986, 1988, 1989, 2000 e 2009 o número de dias consecutivos sem chuva significativa foi inferior a 40.

No Gráfico 11, verifica-se, ainda, por meio da linha de tendência, que ao longo do período houve uma tendência de aumento no número de dias consecutivos sem chuva significativa.

Gráfico 11: Número de dias sem chuva significativa/ano na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)

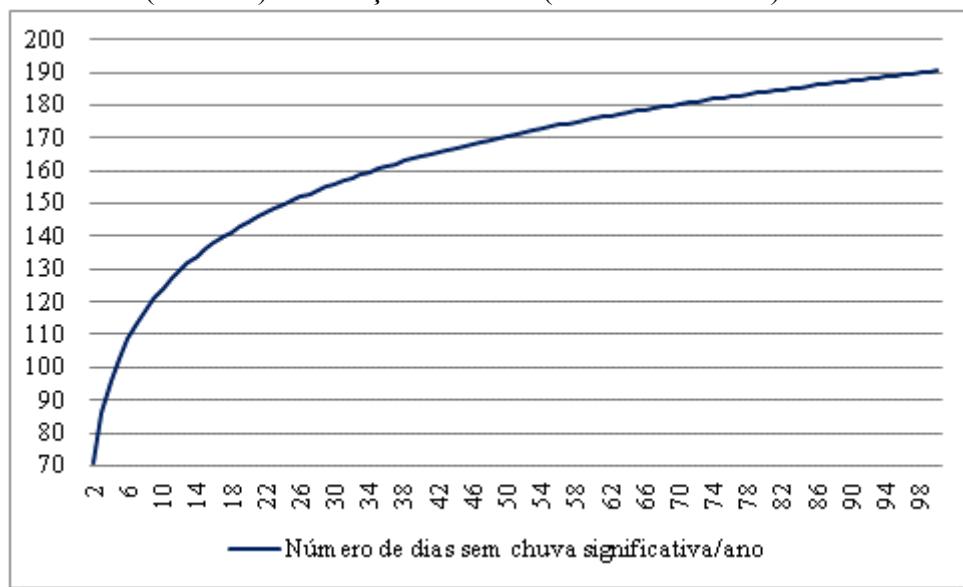


Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Com base nos dados referentes ao número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de máximos (Gráfico 12), onde, de acordo com os resultados obtidos através dos cálculos, pode-se dizer que no período de 2 anos poderá ocorrer um intervalo de 71

dias sem chuva significativa; no período de 5 anos um intervalo de 103 dias; no período de 10 anos um intervalo de 124 dias; no período de 20 anos um intervalo de 144 dias; no período de 50 anos um intervalo de 171 dias; e no período de 100 anos um intervalo de 190 dias sem chuva significativa. A partir destes dados de período de retorno do número de dias sem chuva significativa (Gráfico 12) e sabendo que a principal fonte de entrada de água no ciclo hidrológico terrestre é através da precipitação, as informações apresentadas no Gráfico 12 podem ser importantes como uma variável para análise da probabilidade de ocorrência de baixos índices de vazão nos cursos de água, desta forma, pode-se dizer que, estatisticamente, a cada período de anos poderá ocorrer determinado número de dias sem chuva significativa, fato este que contribui para determinar os valores de vazão baixa no final do período sem chuva, pois há ausência ou pequena de entrada de água no ciclo neste período.

Gráfico 12: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



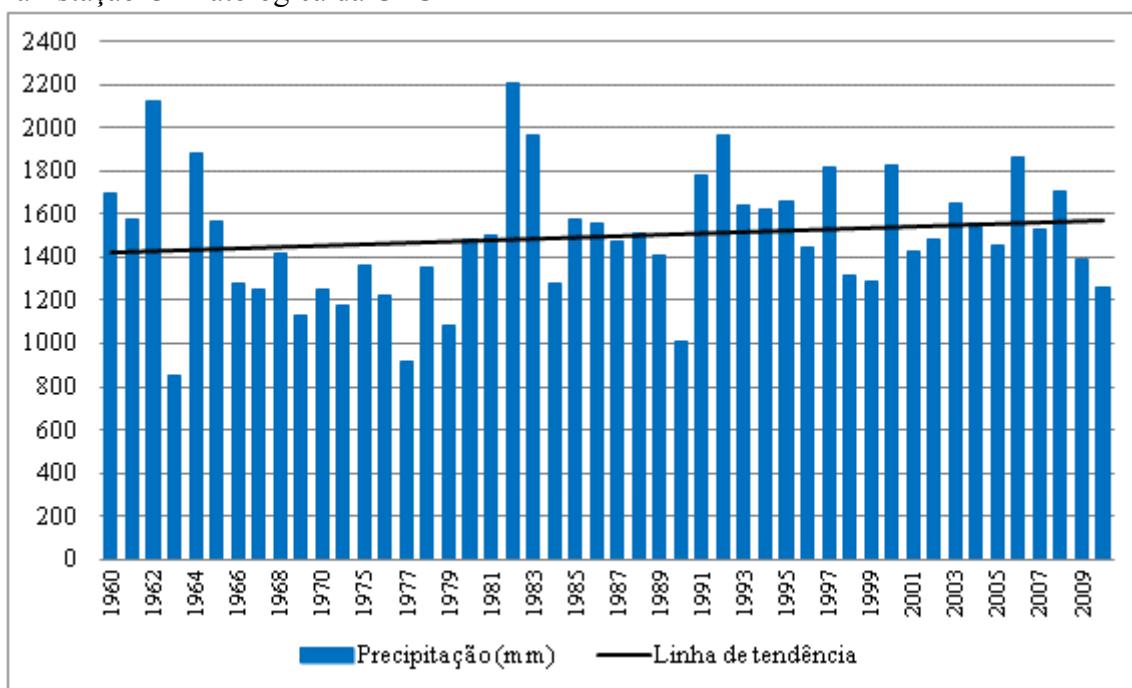
Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Além dos dados da Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) foram analisados, também, os dados pluviométricos da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, localizada próximo a área de estudo, porque o banco de dados desta estação compreende um período maior, com dados de 1960 a 2010. Neste sentido, ao observar o Gráfico 13, referente aos totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores oscilaram bastante, e que nas décadas de 1960, 1970 e 1980 a oscilação foi maior com a ocorrência de picos maiores e anos com índices pluviométricos baixos; já nas décadas de 1990 e 2000 houve uma pequena tendência de estabilidade.

Os maiores índices de pluviométricos anuais ocorreram nos anos de 1962, 1964, 1982, 1983, 1992, 1997, 2000 e 2006 superando 1800 mm, visto que os anos de 1962 e 1982 ultrapassaram 2000 mm. Já os menores valores ocorreram nos anos de 1963, 1969, 1974, 1977, 1979 e 1990 sendo inferior a 1200 mm, sendo que nos anos de 1963 e 1977 totalizaram índices abaixo de 1000 mm/ano.

Ao correlacionar os anos extremos citados acima com a ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña, nota-se que, de acordo com o CPTEC, nos anos de 1982 (total pluviométrico elevado), 1983 (total pluviométrico elevado), 1990 (total pluviométrico baixo), 1992 (total pluviométrico elevado) e 1997 (total pluviométrico elevado) foi registrado El Niño de forte intensidade, em 1969 (total pluviométrico baixo) de intensidade moderada e em 1963 (total pluviométrico baixo), 1977 (total pluviométrico baixo), 1979 (total pluviométrico baixo) e 2006 (total pluviométrico elevado) de fraca intensidade. Já a La Niña foi registrada com forte intensidade no ano de 1974 (total pluviométrico baixo), com intensidade moderada em 1964 (total pluviométrico elevado) e 2000 (total pluviométrico elevado) e fraca intensidade em 1983 (total pluviométrico elevado). Assim, conclui-se que é difícil associar os anos secos, normais e chuvosos com estes fenômenos de grande escala.

Gráfico 13: Totais pluviométricos e linha de tendência de precipitações anuais na Estação Climatológica da UFU



Fonte: LCRH/UFU, 2011

Ao observar a linha de tendência no Gráfico 13, nota-se que ao longo do período houve uma tendência significativa de aumento nos totais pluviométricos anuais, de aproximadamente 200 mm.

Ao relacionar os dados apresentados nos Gráficos 7, 11 e 13, que demonstram que na área de estudo há tendência de aumento nas precipitações máximas diária/ano, no número de dias consecutivos sem chuva significante e nos totais pluviométricos anuais, pode-se concluir que as precipitações estão se tornando mais concentradas, fato este que pode agravar problemas relacionados a enchentes e a secas, já que em eventos concentrados o escoamento superficial pluvial é maior em detrimento da infiltração, que é considerada mais eficiente em precipitações de menor magnitude, e como já se sabe, a água infiltrada durante o período chuvoso é uma das responsáveis pelo fluxo de base ao longo da estação seca.

4.1.1 - Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações

Sobre a curva de intensidade-duração-frequência de precipitações, Bertoni e Tucci (2009) destacam que:

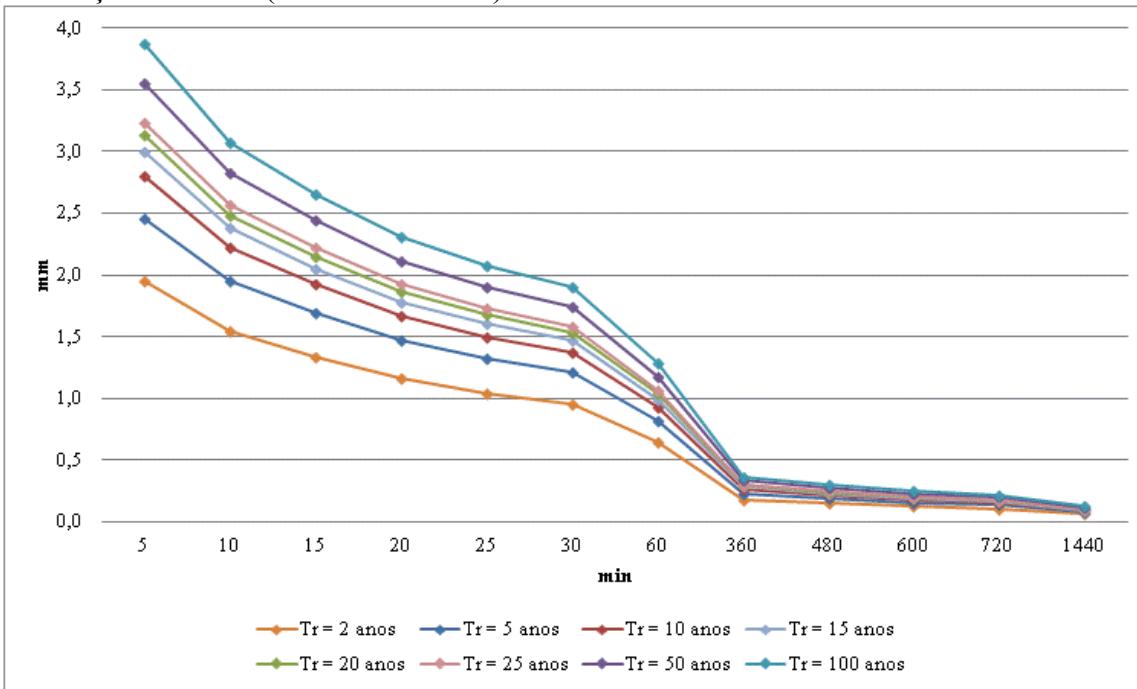
Correlacionando intensidades e durações das chuvas verifica-se que mais intensa for uma precipitação, menor será sua duração.

[...]

Para projetos de obras hidráulicas, tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (ou tempo de retorno). (BERTONI; TUCCI, 2009, p. 201)

De acordo com o Gráfico 14, referente a curva de intensidade-duração-frequência das precipitações máximas na Fazenda Letreiro, nota-se um espaçamento maior dos períodos de retorno (T_r) quanto aos valores de intensidade das precipitações por minuto com duração de 5 minutos, sendo que este espaçamento reduz gradativamente de acordo com o aumento da duração das precipitações, destacando que a partir das precipitações de duração de 360 minutos (6 horas) até as de 1440 minutos (24 horas) a diferença entre os menores ($T_r = 2$ anos) e maiores valores ($T_r = 100$ anos) são menores que 0,20 mm/min, podendo considerar, assim, que esta diferença é baixa, ou seja, estatisticamente, precipitações com duração de mais de 360 minutos não ultrapassam a intensidade de 0,4 mm/min na Fazenda Letreiro.

Gráfico 14: Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações máximas da Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Ainda sobre o Gráfico 14, vale destacar os dados referentes as precipitações com duração de 5 minutos em que o espaçamento entre os períodos de retorno são maiores, em que ao observar a intensidade e frequência das precipitações nota-se que com período de retorno de 2 anos a intensidade é de 1,9 mm/min, com período de retorno de 5 anos a intensidade é de 2,5 mm/min, com período de retorno de 15 anos a intensidade é de 3,0 mm/min, com período de retorno de 50 anos a intensidade é de 3,0 mm/min e com período de retorno de 100 anos a intensidade é de 3,9 mm/min.

4.2 - Balanço hídrico climatológico

Conforme descrito na metodologia deste trabalho o balanço hídrico climatológico consiste em contabilizar a quantidade de água presente no solo ao longo do ano, calculando a entrada (precipitação) e saída (evapotranspiração) de água, de acordo com o tipo de solo.

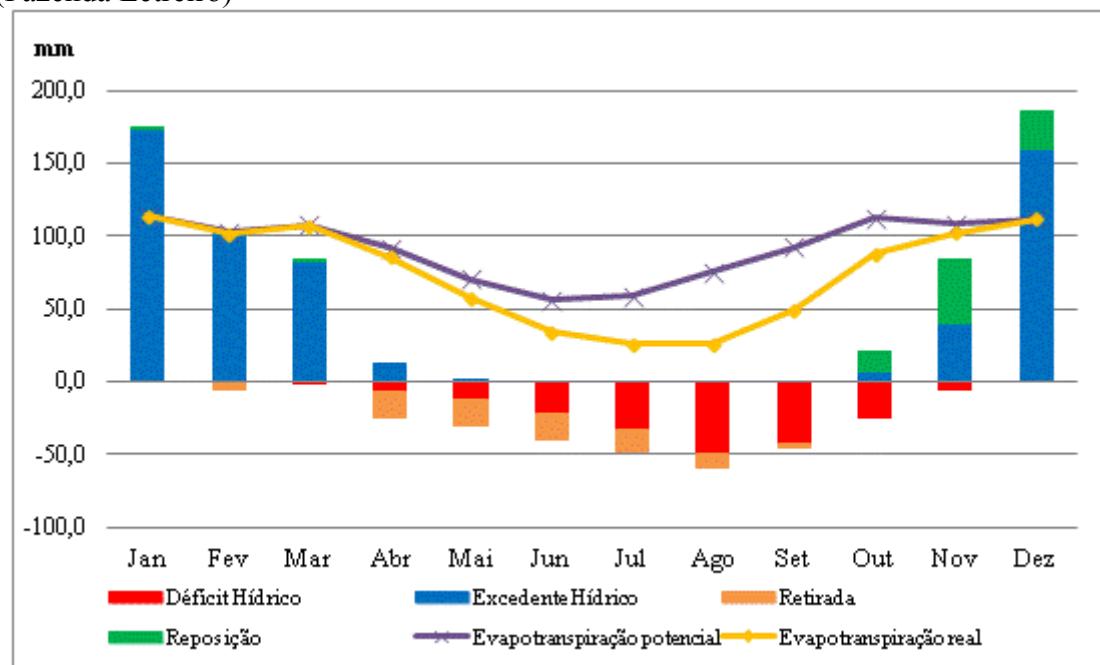
No Gráfico 15, referente ao balanço hídrico médio mensal, nota-se que os maiores excedentes hídricos ocorrem no período de dezembro a março, ultrapassando os 50 mm mensais. Assinala-se, ainda, que os meses com maiores excedentes são dezembro e janeiro, excedendo 150 mm mensais. Já em relação ao déficit hídrico, os

maiores índices ocorrem de junho a outubro, superando 20 mm, com os maiores déficits em agosto e setembro, superando 40 mm mensais.

Ao relacionar o excedente e o déficit hídrico com o período chuvoso (Gráfico 5), verifica-se que a redução dos valores de excedente hídrico ocorre concomitantemente com o final do período chuvoso nos meses de abril e/ou maio, sendo que nesses meses inicia um aumento gradativo do déficit hídrico. De maio a setembro (período seco), os totais pluviométricos são inferiores a 50 mm/mês, atingindo uma média de apenas 10 mm em julho, consequentemente, durante esses meses não é registrado excedente hídrico. Em contrapartida, durante esse período o déficit hídrico reduz-se gradativamente até atingir seu pico nos meses de agosto e setembro (inferior a 40 mm).

Nos meses subsequentes (outubro e novembro), apesar de registrar média pluviométrica superior a 100 mm (Gráfico 5), nota-se a ocorrência de baixos índices de excedente hídrico (inferior a 40 mm) e déficit atingindo 25 mm (Gráfico 15), visto que nesses meses há a elevação do excedente hídrico na mesma proporção em que ocorre a redução do déficit hídrico. Isso ocorre pelo fato de um grande percentual do volume precipitado ser destinado a repor o déficit hídrico do solo, que foi acumulado no período seco.

Gráfico 15: Balanço hídrico climatológico médio mensal na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

No Gráfico 15, apresenta-se também, os dados de retirada e reposição médias mensais de água no solo, sendo que a retirada de água ocorreu nos meses de fevereiro e de abril a setembro, devido a ausência de precipitação. Desta forma no mês de fevereiro a retirada de água do solo está relacionada a ocorrência de veranicos (intervalos sem chuvas significativas durante o período chuvoso) e no período de abril a setembro a totais pluviométricos baixos, com o término da estação chuvosa e início da seca o solo começa a perder gradativamente a água armazenada durante as chuvas.

A reposição média mensal de água no solo ocorreu nos meses de outubro a janeiro e em março, em virtude de nos meses que antecedem este período os totais pluviométricos serem baixos, parte da água precipitada é destinada a repor a perda durante o período seco, com valores mais elevados de reposição de outubro a dezembro (término do período seco e início do chuvoso).

Ao analisar os índices de evapotranspiração real média mensal (Gráfico 15), pode-se observar que os maiores valores ocorrem de novembro a março, superando 100 mm, e que os fatores que influenciam para a ocorrência desses valores são disponibilidades de água para evapotranspiração (elevados totais pluviométricos) e período do ano em que há maior incidência de energia emitida pelo sol sobre a região, que corresponde ao verão no Hemisfério Sul. A partir do mês de abril, os índices de evapotranspiração real sofrem um declínio gradativo atingindo baixos valores no período de junho a setembro (inferior a 50 mm), pois ocorre um processo inverso ao citado acima. Isso porque nesses meses há falta de água para evapotranspiração, devido a baixos índices pluviométricos, tanto no período como em meses anteriores (Gráfico 5) e pelo fato de ser a época do ano em que é menor a incidência de energia emitida pelo sol sobre a região, que corresponde ao inverno no Hemisfério Sul.

Já a evapotranspiração potencial média mensal (Gráfico 15) possui valores mais elevados no período de outubro a março, superando 100 mm, devido ao fato de ser o período do ano de maior incidência de energia emitida pelo sol sobre a região. No entanto, os menores índices ocorrem nos meses de junho e julho, sendo inferior a 60 mm, justamente por ser o período de menor incidência de energia emitida pelo sol na região, cuja posição geográfica se encontra aproximadamente a 19° Sul. Ao comparar os valores de evapotranspiração real e potencial (Gráfico 15), nota-se que a partir de abril começa a aumentar a diferença entre as duas variáveis chegando a atingir uma diferença de 49 mm no mês de agosto, fato este que pode ser explicado pelo déficit hídrico nestes meses, dificultando, assim, que o processo de evapotranspiração seja

pleno (potencial), por ocorrer a falta da água para este fim. Quanto aos totais médios anuais na Fazenda Letreiro, a evapotranspiração potencial é de 1102 mm/ano e evapotranspiração real é de 904 mm/ano.

4.3 - Vazão

Sabendo que a vazão é o volume de água escoado por unidade de tempo em um determinado ponto do curso de água e tendo os dados fluviométricos da estação 6038100 (Fazenda Letreiro), neste item serão analisados e calculados alguns índices, tendo como base os dados do período de 1976 a 2010 para as extremas, (máximas e mínimas) e de 1976 a 2006 para as análises de vazão referente à curva de permanência, hidrógrafa e vazão específica.

4.3.1 - Hidrógrafa

Tendo em vista que a hidrógrafa ou hidrograma é um gráfico que apresenta os dados de vazão no período analisado, ao observar o Gráfico 16 nota-se que na Fazenda Letreiro há uma instabilidade ao longo do período de dados, sendo que esta instabilidade se deve principalmente as condições pluviométricas regionais, descritas acima, com um período chuvoso e outro seco.

A partir do Gráfico 16, também, serão destacados os eventos extremos, ressaltando os picos e os períodos de vazão de sete dias com baixo volume de água.

No que se refere aos picos (vazões máximas) no período de análise, nota-se que os maiores volumes de vazão ocorreram nos dias 01/04/1982, 20/01/1983, 27/01/1985 (máxima vazão, 175,5 m³/s), 01/05/2000 e 20/01/2002. Quanto a esses picos observa-se que:

- no primeiro caso (01/04/1982), o período chuvoso (outubro a março) de 1981/82 acumulou 1711 mm, 35% acima da média histórica, que culminou no pico de vazão verificado no dia 01/04/1982.
- no dia 20/01/1983, nota-se que no dia anterior foi registrado precipitação de 125 mm, sendo esse pico de vazão consequência desse evento pluviométrico concentrado;
- no dia 27/01/1985, verifica-se que os 20 dias que antecederam essa data acumularam um total pluviométrico de mais de 300 mm, sendo que no dia 23 foi registrado precipitação de 97 mm.

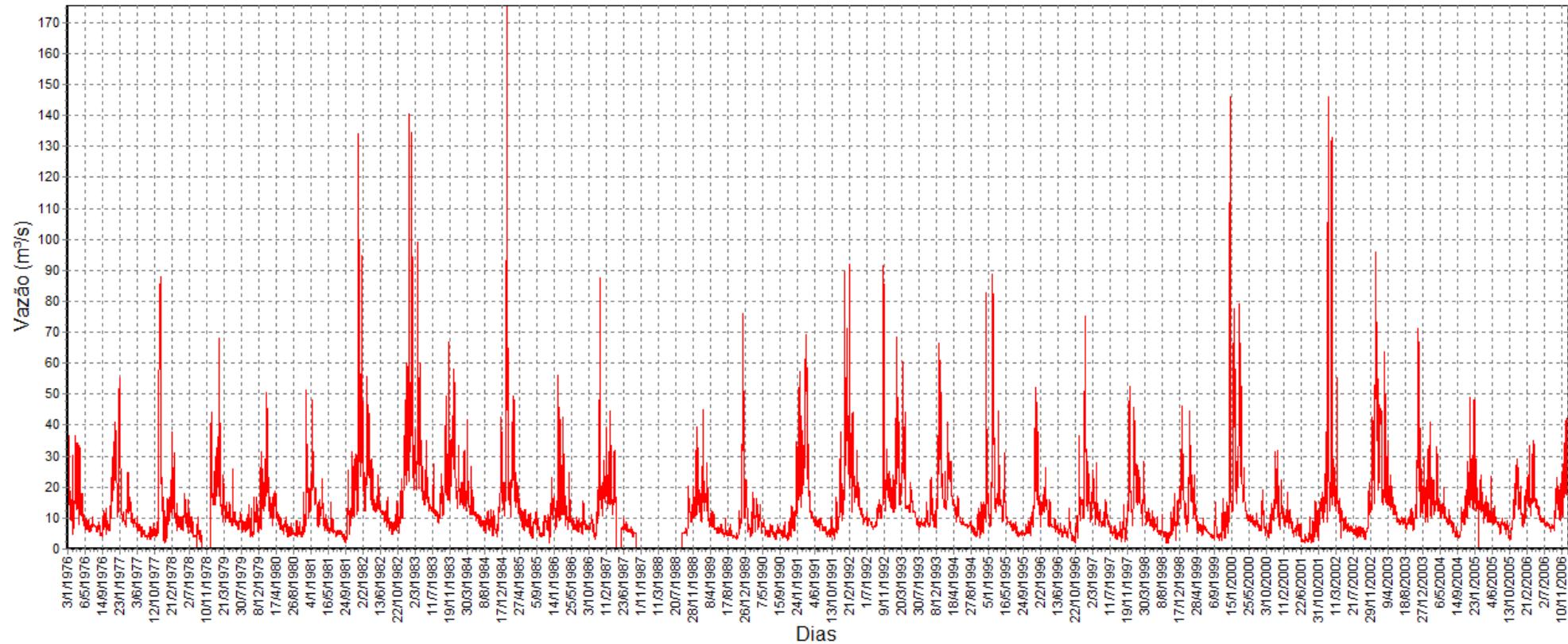
- no dia 01/05/2000, não foi verificado nenhum evento que mereça destaque, tanto na Fazenda Letreiro como na Fazenda Inhumas do Chapadão, localizada no alto curso do rio Uberabinha.
- no pico registrado no dia 20/01/2002, nota-se que nos 7 (sete) dias que antecederam esse evento de vazão houve um acúmulo total pluviométrico na Fazenda Letreiro de 160 mm e na Fazenda Inhumas do Chapadão foi registrado 264,5 mm de chuva em 8 dias, sendo que estas precipitações contribuíram para a ocorrência desse pico de vazão.

Ao observar no Gráfico 16 os períodos de sete dias de vazão baixa, verifica-se que os períodos extremos tiveram início nos dias 27/09/1981, 20/10/1996 e 09/08/2001, períodos estes ocorridos devido aos seguintes fatores:

- no dia 27/09/1981: ao observar o Gráfico 9 e 11, nota-se que no ano de 1981 o número de dias consecutivos sem chuva significativa foi superior a 100 dias, fato que culminou em uma vazão de sete dias inferior a $2,67 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que esta vazão ocorreu nos últimos dias deste período sem chuva.
- no dia 20/10/1996: ao observar a Tabela 8, nota-se que no ano hidrológico que antecedeu este evento (outubro de 1995 a setembro de 1996), o total pluviométrico foi 17% abaixo da média, ou seja, foram registrados 1219 mm e a média é de 1474 mm, o que poderia reduzir o índice de vazão atingindo em 7 dias $2,69 \text{ m}^3/\text{s}$. Outra hipótese que pode ser considerada, tendo em vista que apesar de ter ficado abaixo da média, o total pluviométrico registrado não pode ser considerado extremo, pois a área da bacia do rio Uberabinha correspondente ao alto curso do rio, o total pluviométrico foi menor ou o número de dias consecutivos sem chuva significativa foi maior, mas como nesta área não há um histórico de dados pluviométricos disponível não é possível comprovar tal hipótese.
- no dia 09/08/2001: este caso é bem semelhante ao do evento descrito anteriormente, sendo que ao visualizar a Tabela 8, verifica-se no ano hidrológico que antecedeu este evento (outubro de 2000 a setembro de 2001) o total pluviométrico na Fazenda Letreiro foi 23% abaixo da média, ou seja, foram registrados 1139 mm e a média é de 1474 mm. Assim como ocorreu na Fazenda Letreiro, na Fazenda Inhumas do Chapadão no ano hidrológico que antecedeu o evento (outubro de 2000 a setembro de 2001) o total pluviométrico foi 19% abaixo da média, ou seja, foram registrados 1421 mm e a média é de 1750 mm, sendo que os baixos índices pluviométricos registrado nos dois postos meteorológicos podem ser considerados como fatores que contribuíram para a redução do índice de vazão, atingindo em 7 dias $2,36 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 16: Hidrógrafa completa na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

Hidrógrafa completa
Estação: 60381000



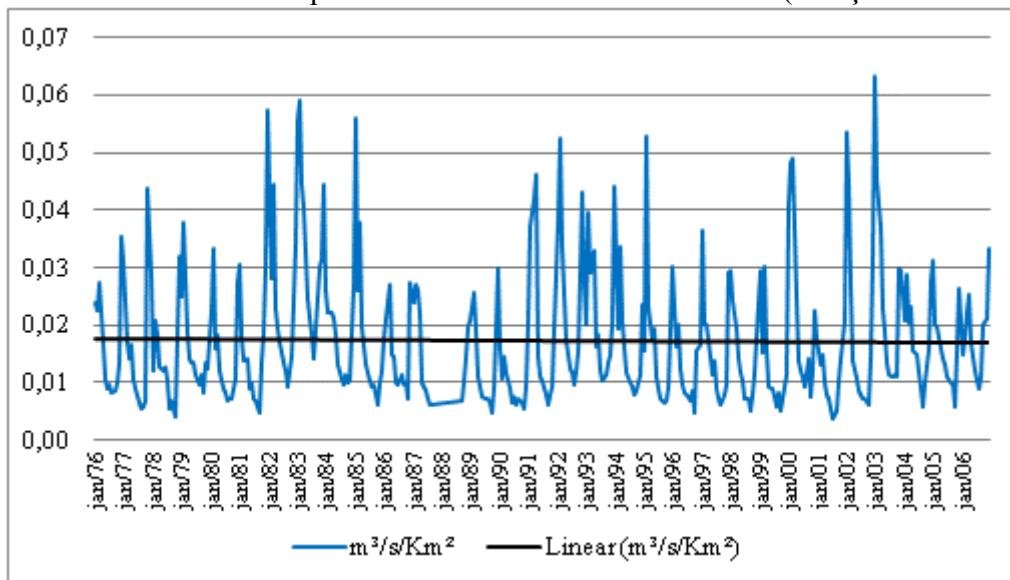
Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

4.3.2 - Vazão específica

A vazão específica pode ser definida como “a relação entre a vazão em uma seção do curso de água e a área da bacia hidrográfica relativa a essa seção” (PINTO et al., 1976, p. 38) . Neste sentido, foi calculada a vazão específica mensal e média mensal do período analisado (1976-2006), sendo apresentados os resultados nos Gráficos 17 e 18.

Primeiramente foi calculada a vazão específica mensal (Gráfico 17), onde podemos observar que ao longo do período a vazão específica oscilou bastante, com picos superando $0,04 \text{ m}^3/\text{s/Km}^2$ em 23 meses, o que corresponde a 6% do período analisado e, destes 23 meses, em 8 meses a vazão específica superou $0,05 \text{ m}^3/\text{s/Km}^2$, correspondendo a 2% do período. Já, quanto às vazões específicas mínimas, nota-se (Gráfico 17) que em 107 meses ou 30% do período a vazão específica foi inferior a $0,01 \text{ m}^3/\text{s/Km}^2$.

Gráfico 17: Vazão específica mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



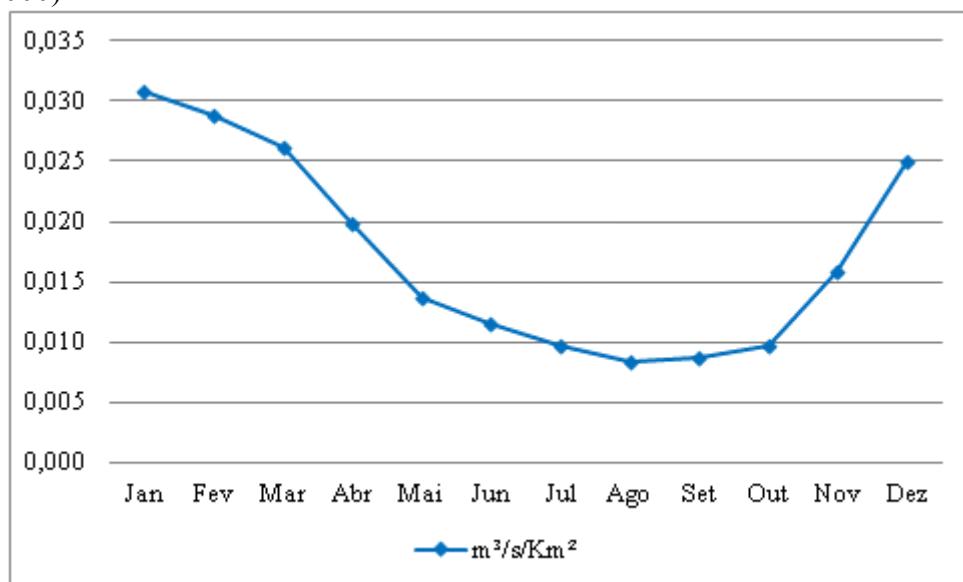
Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

No que diz respeito à vazão específica média mensal (Gráfico 18), nota-se que os picos de vazão específica ocorrem nos meses de janeiro a março, com média superando $0,025 \text{ m}^3/\text{s/Km}^2$. No entanto nos meses de julho a outubro a vazão específica média é inferior a $0,01 \text{ m}^3/\text{s/Km}^2$.

Correlacionando a precipitação e a vazão específica média mensal na bacia (Gráfico 5 e 18), pode-se observar que o acréscimo e declínio nos índices de vazões

médias mensais e de precipitação média mensal ocorrem simultaneamente, sendo que os picos de precipitação média mensal ocorreram no período de outubro a março (período chuvoso); já os picos de vazão específica ocorrem de novembro a abril, devido à reposição da capacidade de armazenamento de água do solo (sobretudo em outubro) e, posteriormente, devido ao fator de retardo da água para percorrer todo o sistema hidrológico até o curso principal, de forma que o período de cheias se estende por mais um mês, chegando até abril (especialmente nos anos que o período chuvoso se prolonga).

Gráfico 18: Vazão específica média mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

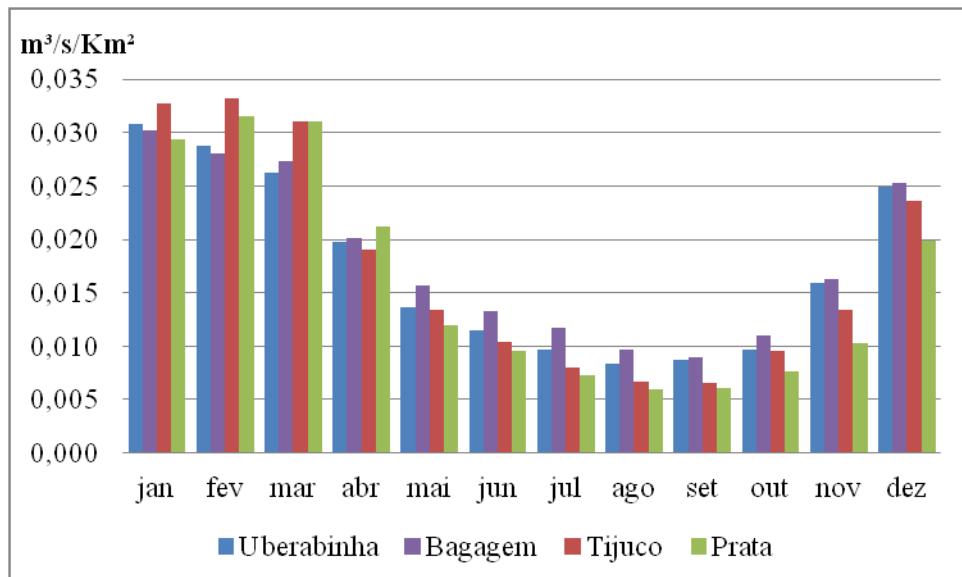


Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Com a finalidade de comparar a vazão específica média mensal do rio Uberabinha com as vazões dos rios Bagagem, Tijuco e da Prata, foi elaborado o Gráfico 19, onde nota-se que a vazão específica média oscila de 0,016 a 0,018 $m^3/s/Km^2$, sendo a mais baixa no rio da Prata e a mais alta no Bagagem. No Gráfico 19 é possível observar que nos meses de fevereiro e março a vazão específica média mensal possui valores mais altos que os rios Uberabinha e Bagagem, fato este que se inverte notadamente nos meses de junho a setembro e novembro e dezembro. Este fenômeno pode ser explicado, sobretudo, pelas características dos solos próximos as nascentes destes rios e de seus principais afluentes, sendo que nestes locais os solos possuem grande capacidade física de reter água durante o período chuvoso, possibilitando maior quantidade de água para o fluxo de base ao longo do período seco, já nos rios Tijuco e

da Prata a capacidade de reter água no período de chuva é menor, reduzindo o fluxo de base.

Gráfico 19: Vazão específica média mensal nos rios Uberabinha, Bagagem, Tijuco e da Prata



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

4.3.3 - Vazões extremas

Conforme descrito no item referente aos aspectos geoambientais, a região na qual a bacia se encontra possui clima definido por duas estações distintas, sendo uma seca e outra chuvosa. Partindo dessa característica climática que define a quantidade de água que entra no sistema delimitado pela bacia hidrográfica através das precipitações, a análise das vazões extremas (máximas e mínimas) é essencial na caracterização hidrológica da bacia em questão.

No que diz respeito aos dados de vazões máximas, ao observar a Tabela 12 é possível verificar que dos 35 anos analisados, em 5 anos a vazão máxima superou 100 m^3/s , atingindo vazão máxima de 175 m^3/s em 1985.

Tabela 12: Vazões extremas anuais na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

Ano	Máximas	Mínimas	Mínimas de sete dias
1976	40,84	3,97	4,40
1977	88,07	1,96	3,85
1978	44,25	0,90	3,05
1979	68,06	3,97	4,57
1980	51,30	3,97	4,15
1981	50,50	1,82	2,67
1982	134,05	4,92	6,04
1983	140,53	8,35	9,40
1984	42,72	4,15	5,31
1985	175,47	2,11	3,12
1986	87,59	3,08	3,64
1987	44,63	3,79	4,51
1988	39,35	4,53	5,21
1989	76,05	3,25	3,43
1990	22,29	2,91	3,28
1991	69,37	3,25	3,90
1992	91,87	6,56	7,03
1993	68,50	6,56	7,19
1994	82,92	3,61	4,10
1995	88,54	3,79	4,49
1996	47,34	2,11	2,69
1997	75,15	2,42	3,46
1998	45,79	1,96	3,27
1999	46,17	2,91	3,62
2000	146,01	3,61	4,27
2001	37,88	2,04	2,36
2002	146,01	3,17	3,56
2003	95,96	5,83	6,99
2004	49,11	3,52	3,80
2005	48,13	3,17	3,61
2006	42,34	5,72	6,26
2007	66,80	3,08	3,84
2008	62,50	5,02	5,65
2009	51,50	8,23	8,23
2010	43,90	2,83	3,37

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Já, as vazões mínimas anuais foram tabuladas obedecendo dois critérios, as mínimas absolutas e da média móvel mínima de sete dias (Tabela 12). Quanto as mínimas absolutas, nota-se que em 4 anos atingiu vazão inferior a 2 m³/s, com destaque

para o ano de 1978, cuja vazão mínima foi de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. No que se refere a vazão mínima de sete dias, dos 35 anos analisados, em 3 anos foi inferior a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, no entanto esta vazão mínima não atingiu valores abaixo de $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3.3.1 - Vazão máxima

A análise da vazão máxima é essencial na execução de projetos hidráulicos, principalmente, aqueles construídos no curso de água.

Partindo desta ideia de análise da vazão máxima, foram realizados alguns cálculos e gráficos, tendo como base os dados da Fazenda Letreiro.

Primeiramente, calculou-se as estatísticas descritivas das vazões máximas diárias/ano (Tabela 13), sendo que referente as medidas de tendência central, em média a vazão máxima anual foi de $71,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a moda foi de 146 e a mediana de $62,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Já, no que se refere as medidas de dispersão amplitude foi de $153,2 \text{ m}^3/\text{s}$, a variância de 1362,7 e o desvio-padrão de $36,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 13: Estatísticas descritivas da vazão máxima anual na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
71,8	146,0	62,5	153,2	1362,7	36,9

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Já em relação aos dados mensais, no Gráfico 20 podem ser visualizadas as vazões máximas, as médias e as medianas mensais.

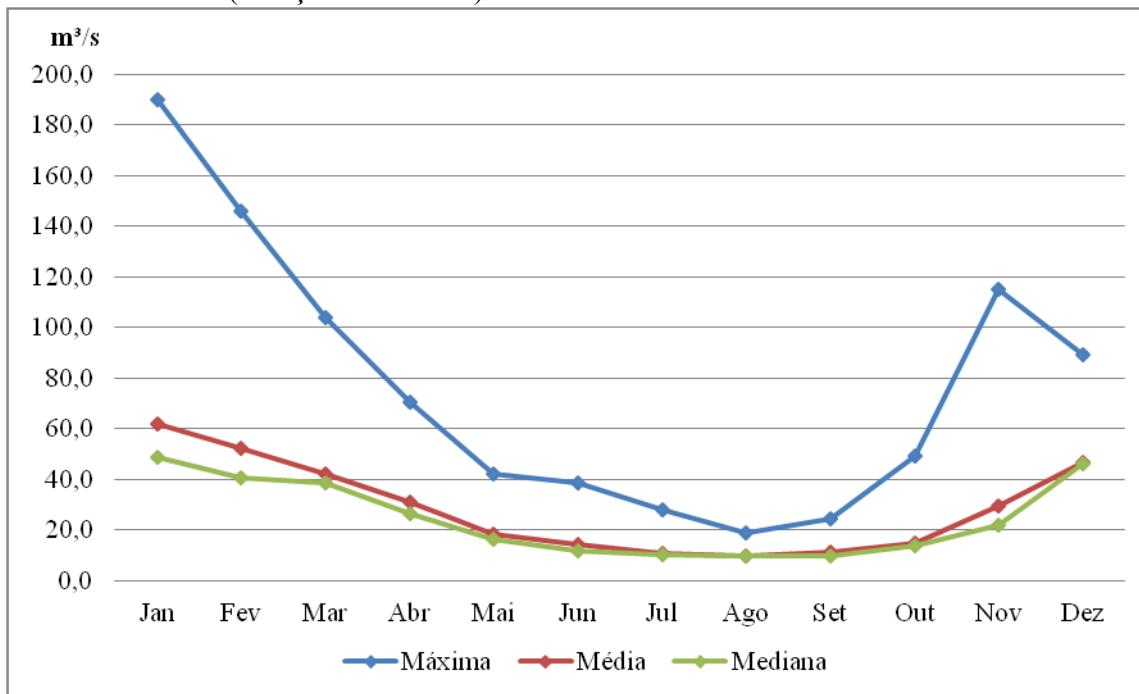
Quanto as vazões máximas mensais, nota-se que as maiores (picos de vazões) ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março e novembro, superando $100 \text{ m}^3/\text{s}$, vazões estas ligadas a eventos pluviométricos concentrados, conforme descrito no item referente a hidrógrafa.

As vazões máximas médias mensais (Gráfico 20) demonstram que as maiores médias ocorreram no período de dezembro a março, ultrapassando $40 \text{ m}^3/\text{s}$ e as menores de maio a outubro, sendo inferior a $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

As vazões máximas medianas mensais seguem a tendência das médias, porém, na maioria dos meses com índices mais baixos, sendo que de acordo com o Gráfico 20,

as maiores medianas ocorreram nos meses de dezembro a fevereiro, superando 40 m³/s e as menores no período de maio a outubro inferior 20 m³/s.

Gráfico 20: Vazão máxima, média e mediana das vazões máximas mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



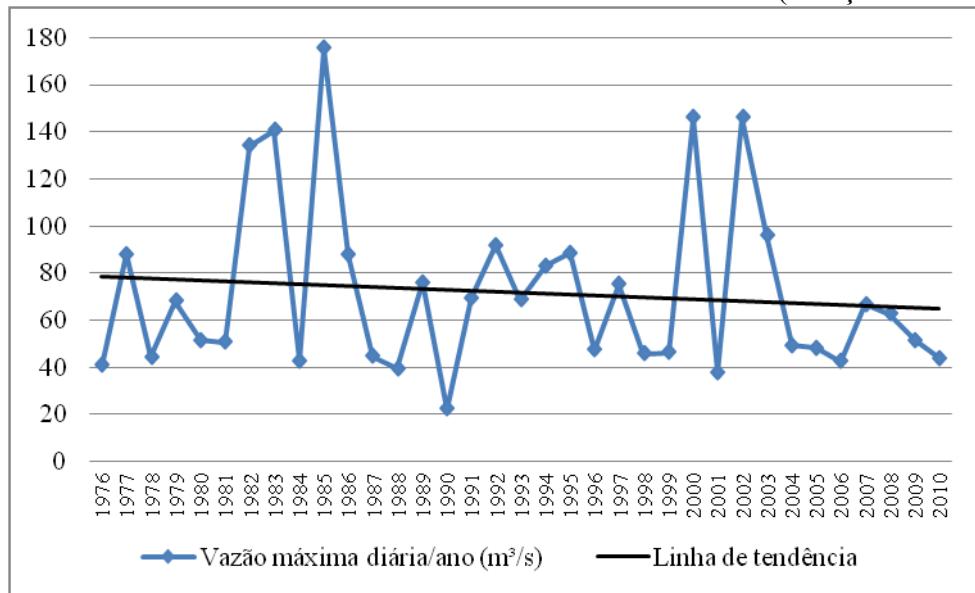
Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Ainda sobre as vazões máximas diárias/ano (Gráfico 21), nota-se que ocorreram 5 picos de vazão superando 100 m³/s, em 1982, 1983, 1985, 2000 e 2002. No entanto, em 3 anos, a vazão máxima foi inferior a 40 m³/s, nos anos de 1988, 1990 e 2001.

Correlacionando os anos com vazões extremas citadas acima com a ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña, percebe-se que, de acordo com o CPTEC, nos anos de 1982 (vazão elevada), 1983 (vazão elevada) e 1990 (vazão baixa), foi registrado El Niño de forte intensidade e em 2002 (vazão elevada) e 1988 (vazão baixa) de intensidade moderada. Já quanto a La Niña foi registrada com forte intensidade no ano de 1988 (vazão baixa), com intensidade moderada em 2000 (vazão elevada) e 2001 (vazão baixa) e fraca intensidade em 1983 (vazão elevada) e 1985 (vazão elevada).

No Gráfico 21, pode observar, também, a linha de tendência das vazões máximas diárias/ano, em que se verifica uma pequena tendência de queda nas vazões máximas anuais ao longo do período analisado (1976-2010).

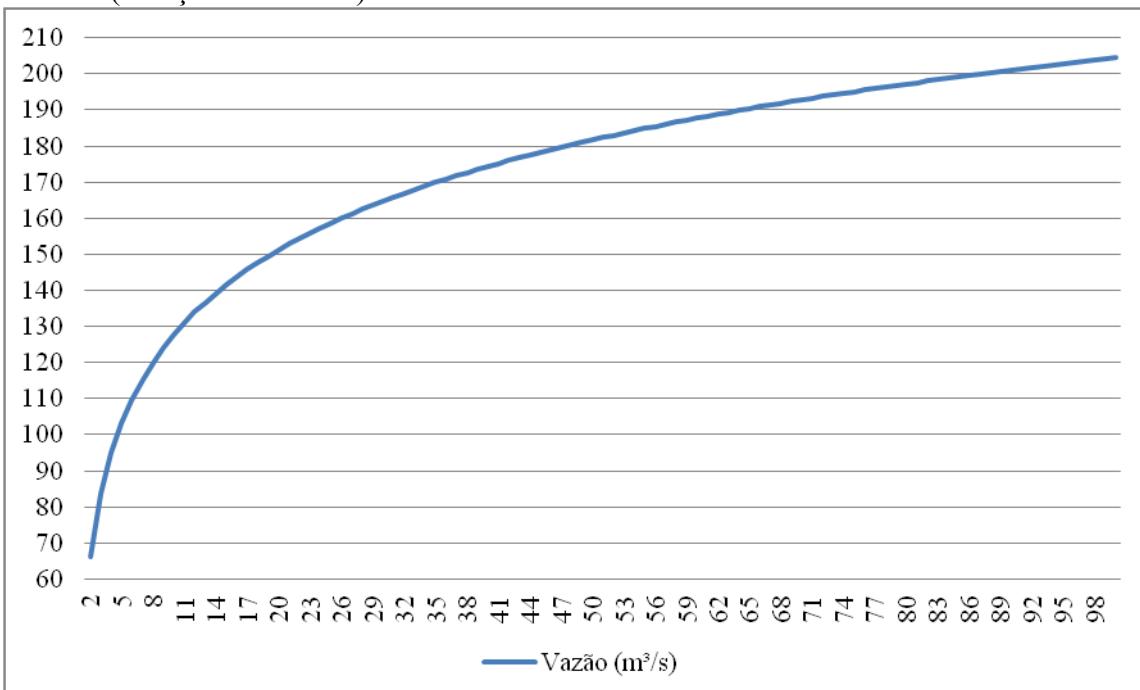
Gráfico 21: Vazão máxima diária/ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

A partir dos dados de vazão máxima diária por ano, foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de máximos (Gráfico 22). De acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer que no período de 2 anos poderá ocorrer uma vazão de $66 \text{ m}^3/\text{s}$; no período de 5 anos uma vazão de $103 \text{ m}^3/\text{s}$; no período de 10 anos uma vazão de $128 \text{ m}^3/\text{s}$; no período de 20 anos uma vazão de $151 \text{ m}^3/\text{s}$; no período de 50 anos uma vazão de $182 \text{ m}^3/\text{s}$; e no período de 100 anos uma vazão de $205 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 22: Período de retorno de vazões máximas (Gumbel) na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

4.3.3.2 - Vazão mínima

A análise de dados referente à vazão mínima é importante na definição, de forma estatística, de períodos críticos quanto à escassez hídrica. Neste sentido, a partir dos dados da Fazenda Letreiro, foram calculados alguns índices, dentre eles as estatísticas descritivas (Tabela 14), a vazão mínima anual (Gráfico 24) e o período de retorno (Gráfico 25) que foram calculados tendo como base a vazão mínima de sete dias, pois, conforme foi descrito neste trabalho no item referente a base legal em Minas Gerais, a vazão de referência utilizada para o cálculo de disponibilidade hídrica superficial é a $Q_{7,10}$. Desta forma, os resultados obtidos neste item podem auxiliar na tomada de decisão pelos agentes públicos quanto a períodos críticos.

Os primeiros índices calculados foram referentes às estatísticas descritivas das vazões mínimas de sete dias por ano (Tabela 14), visto que relativo às medidas de tendência central, nota-se que a vazão mínima média é de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, não ocorreu a moda e a mediana é de $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Já quanto às medidas de dispersão a amplitude é de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, a variância é 2,7 e o desvio-padrão de $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 14: Estatísticas descritivas da vazão mínima de sete dias por ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
4,5	-	3,9	7,0	2,7	1,7

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

No Gráfico 23, pode-se observar as vazões mínimas, médias e medianas mensais do período analisado (1976-2010).

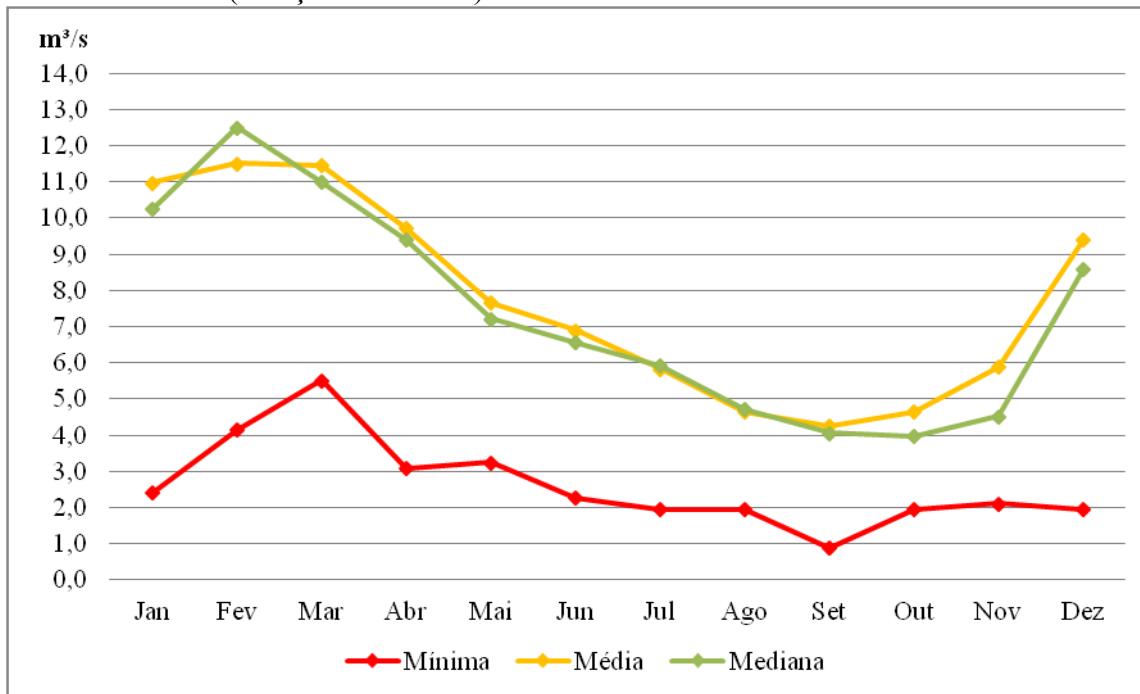
No que diz respeito às vazões mínimas (Gráfico 23), verifica-se que as mais elevadas ocorreram nos meses de fevereiro e março, ultrapassando $4 \text{ m}^3/\text{s}$ e as menores de julho a outubro, sendo inferior a $2 \text{ m}^3/\text{s}$, destacando nestes dados o mês de setembro com ocorrência de vazão mínima inferior a $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

As médias das vazões mínimas mensais são mais elevadas no período de janeiro a março, superando $10 \text{ m}^3/\text{s}$ e as vazões médias mais baixas são de agosto a outubro, sendo inferior a $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

As vazões mínimas medianas mensais, conforme pode ser visualizado no Gráfico 23 possuem maiores índices nos meses de janeiro a março, ultrapassando $10 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que merece destaque o mês de fevereiro com mediana acima de $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Já os

valores mais baixos de mediana das vazões mínimas mensais ocorrem no período de agosto a novembro, com índices inferior a 5 m³/s.

Gráfico 23: Vazão mínima, média e mediana das vazões mínimas mensal na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

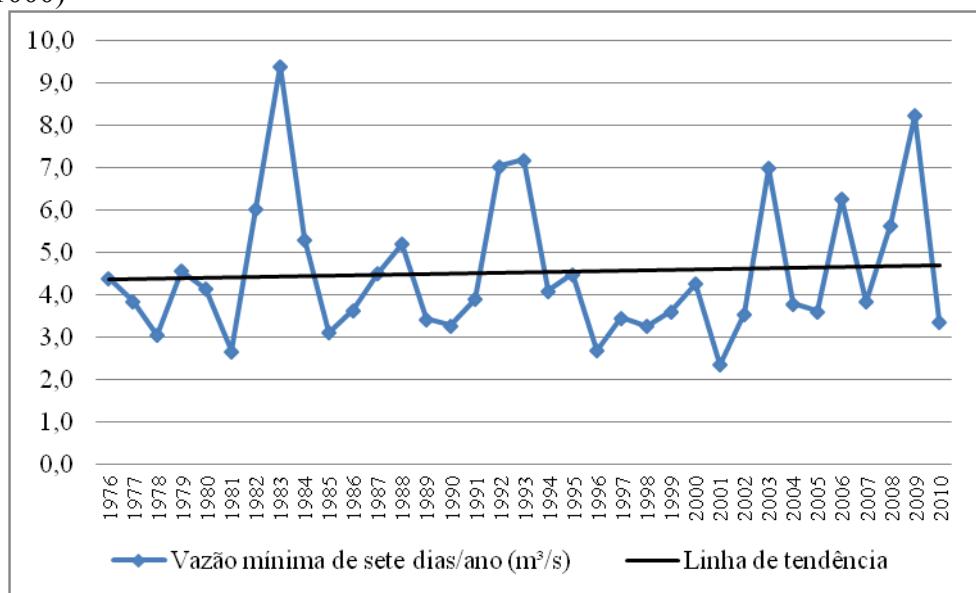


Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Ainda sobre as vazões mínimas, foi elaborado o Gráfico 24 que apresenta as vazões mínimas de sete dias por ano. Desta forma, verifica-se que as maiores vazões mínimas de sete dias/ano ocorreram nos anos de 1983, 1992, 1993 e 2009, superando 7 m³/s, destacando o ano 1983 com vazão mínima acima de 9 m³/s. No entanto os valores mais baixos ocorreram nos anos de 1981, 1996 e 2001, com índices abaixo de 3 m³/s.

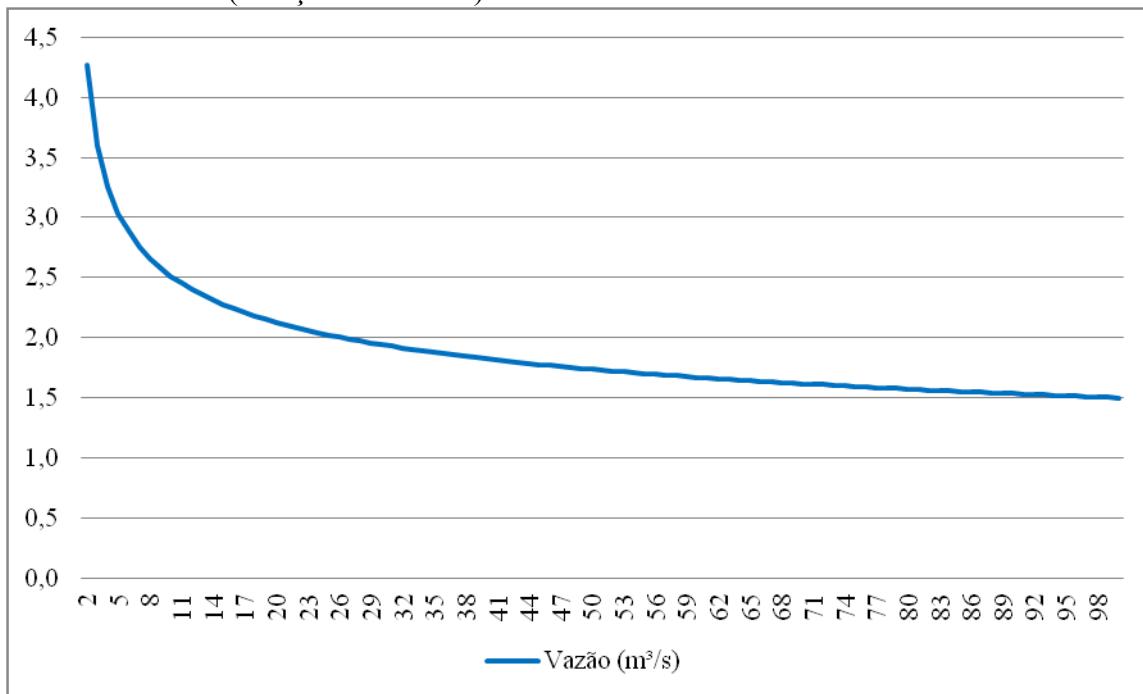
No Gráfico 24, pode-se observar, também, a linha de tendência que mostra que na Fazenda Letreiro há uma pequena propensão de elevação no valor da vazão mínima ao longo do período analisado (1976-2010).

Gráfico 24: Vazão mínima de sete dias/ano na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Gráfico 25: Período de retorno de vazões mínimas de sete dias (Gumbel) na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

Com base nos dados de vazão mínima de sete dias por ano (Gráfico 24), foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de mínimos (Gráfico 25). De acordo com resultados obtidos por meio desta distribuição, pode-se dizer que, estatisticamente, no período de 2 anos poderá ocorrer uma vazão mínima de sete dias de 4,3 m³/s; no período de 5 anos uma vazão de 3,0 m³/s; no período de 10 anos uma vazão

de 2,5 m³/s; no período de 20 anos uma vazão de 2,1 m³/s; no período de 50 anos uma vazão de 1,7 m³/s; e no período de 100 anos uma vazão de 1,5 m³/s.

4.3.4 - Curva de permanência

A curva de permanência “apresenta a freqüência com que ocorrem valores iguais ou superiores aos valores de uma série temporal.” (LANNA, 2009, p. 84)

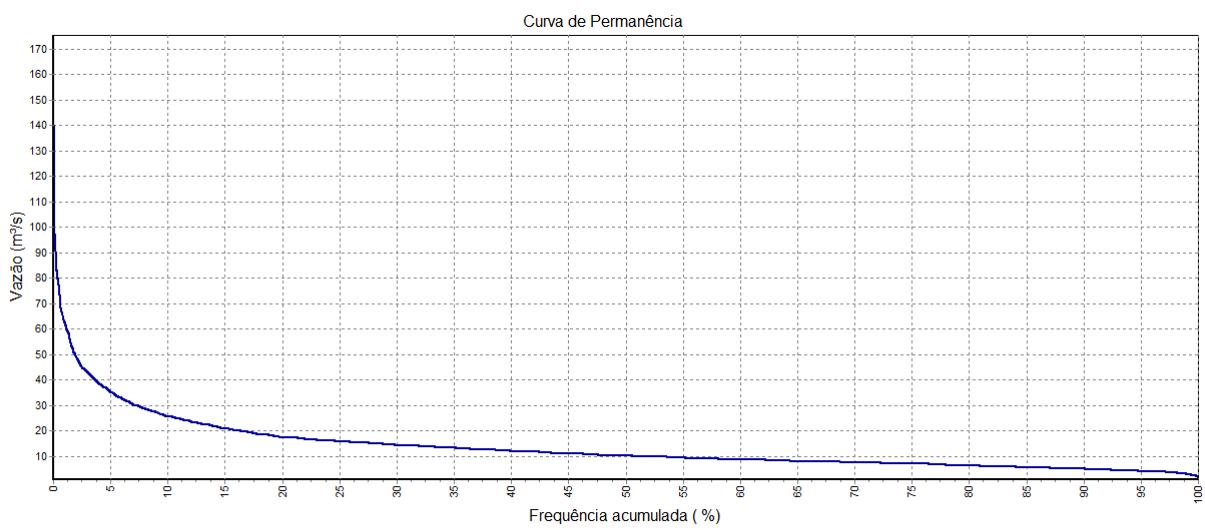
Neste sentido, na Tabela 15, verifica-se que em 95% do tempo do período estudado, a vazão estava igual ou acima de 4,18 m³/s. Conforme aumenta a vazão, a probabilidade de ocorrência da mesma diminui, chegando a vazão de 10,21 m³/s, cuja probabilidade de ocorrência de vazão igual ou superior é de 50%.

Tabela 15: Vazão x permanência na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)

Permanência (%)	Vazão (m ³ /s)
95	4,18
90	5,03
85	5,65
80	6,34
75	7,04
70	7,63
65	8,15
60	8,77
55	9,45
50	10,21

Fonte: ANA, 2011.

Gráfico 26: Curva de permanência na Fazenda Letreiro (Estação 60381000)



Fonte: ANA, 2011.

Analizando a curva de permanência (Gráfico 26), observa-se que há um forte declínio nos valores de vazão até atingir uma frequência acumulada de 10%, visto que a curva se torna um pouco mais retilínea a partir dos 15%. Isso acontece quando há a probabilidade de ocorrência de vazões elevadas serem pequenas.

Entre 15 e 95%, a curva se torna um pouco mais retilínea, indicando que na maior parte do tempo as vazões ocorreram nesse intervalo. Após os 95%, há um pequeno declínio que representa as vazões mínimas ocorridas no período.

4.4 - Outorgas

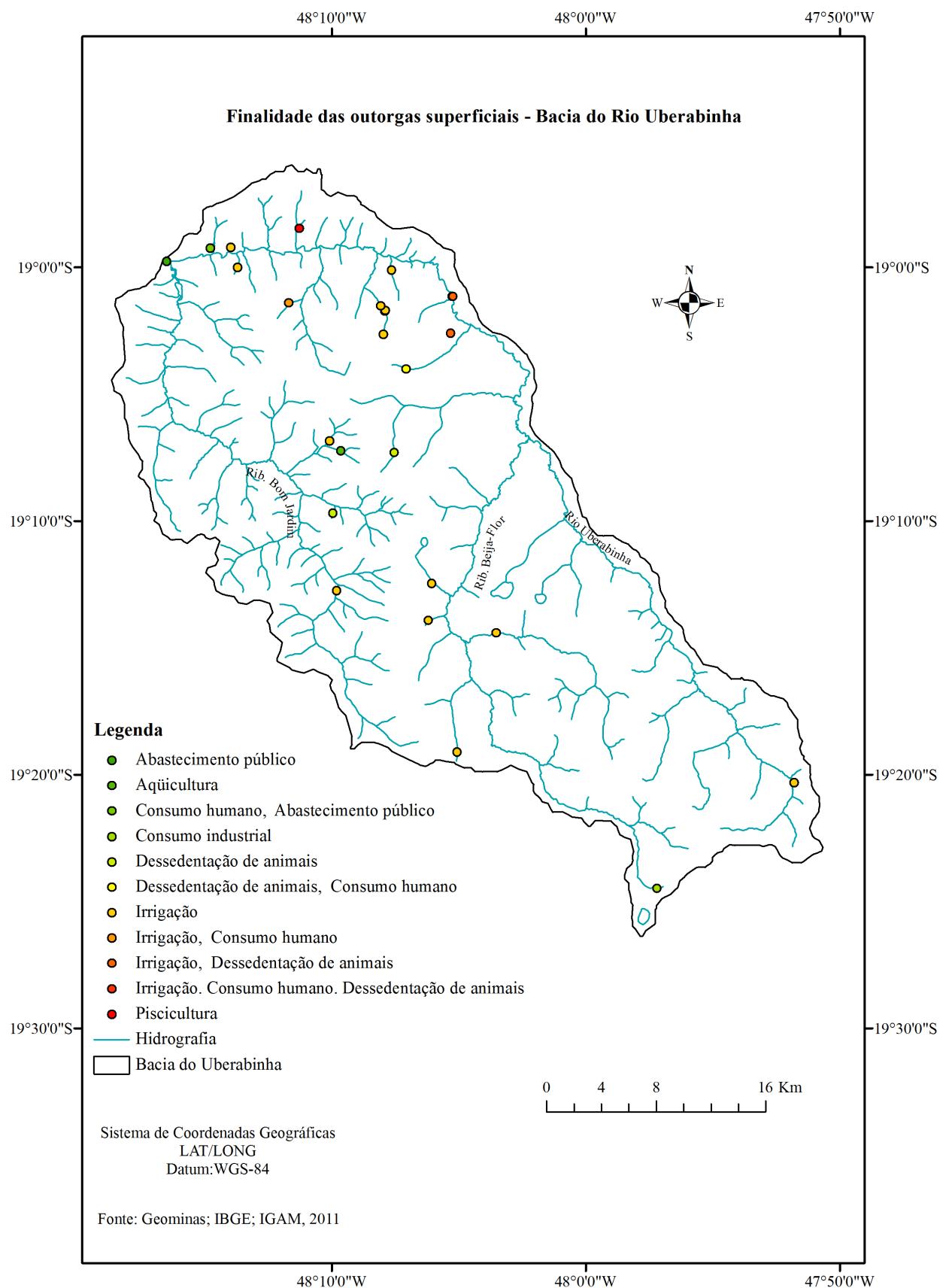
Conforme já descrito, a outorga é um instrumento legal em que, por meio do Poder Público, se controla a quantidade e a qualidade da água a ser utilizada pelos usuários e mantida no leito do curso de água. Seguindo esta ideia para melhor compreensão da demanda hídrica da área da bacia do rio Uberabinha analisada neste trabalho, foram levantadas todas as outorgas deferidas, superficiais e subterrâneas, localizadas na área de estudo, e a partir destes dados foi elaborado o mapa de localização das outorgas com sua respectiva finalidade de uso. Além disso, foi elaborado, também o gráfico de demanda hídrica das outorgas em cada mês.

4.4.1 - Outorgas superficiais

Na área de estudo verificou-se a existência de 28 outorgas superficiais de uso dos recursos hídricos (Mapa 10), sendo que deste total, 25 outorgas tem como finalidade atividades relacionadas à agropecuária, 2 tem como finalidade abastecimento público e 1 o uso industrial.

Das outorgas cuja finalidade é a agropecuária, 16 são destinadas apenas a irrigação e as 9 restantes são tanto para irrigação como para dessedentação de animais e consumo humano na propriedade rural. Já as 2 outorgas para abastecimento público são destinadas ao abastecimento de água da cidade de Uberlândia.

Mapa 10: Localização e finalidade das outorgas superficiais – Bacia do Rio Uberabinha

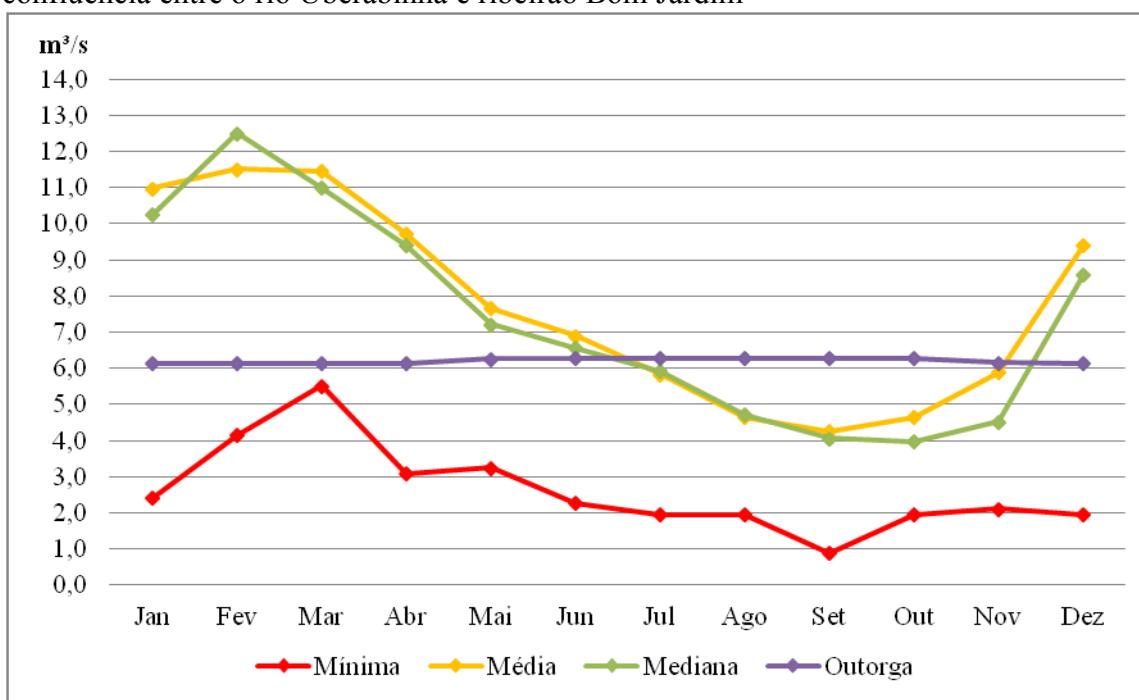


Fonte: Geominas; IBGE; IGAM, 2011

Conforme descrito acima o maior número de outorgas é referente a uso da água na agropecuária (25 outorgas ou 89% das outorgas), no entanto nesta atividade, em nenhum mês ultrapassa 10% do volume outorgado, sendo que nos meses de menor demanda, de novembro a abril, o volume outorgado é inferior a 8% do total outorgado na área da bacia. Já o abastecimento público, apesar de possuir apenas 2 outorgas ou 7% do número total de outorgas, possui um volume outorgado superior a 90% do total outorgado, este fato pode ser justificado pelo fato de estas outorgas serem referentes ao abastecimento da cidade de Uberlândia, considerada de porte médio com aproximadamente 585.000 habitantes.

Ao observar o Mapa 10, nota-se que a maior parte das outorgas superficiais se concentram no médio e baixo curso do rio Uberabinha na área de estudo, localizadas no rio Uberabinha, ribeirões Beija-Flor e Bom Jardim e seus afluentes.

Gráfico 27: Vazões mínimas, média e mediana das mínimas mensais da Fazenda Letreiro e total outorgado de águas superficiais mensais na área a montante da confluência entre o rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim



Fonte: ANA; IGAM, 2011

Ao relacionar as vazões mínimas, médias e medianas das mínimas mensais com o total outorgado na área de estudo (Gráfico 27), percebe-se que as mínimas já registradas na Fazenda Letreiro em todos os meses são menores que total outorgado. Já as médias e medianas das vazões mínimas são mais altas que o volume total outorgado no período de dezembro a junho, no entanto no período de julho a novembro ocorre o

inverso, em que o volume total outorgado é maior que a média e mediana das vazões mínimas do período analisado (1976-2006).

4.4.2 - Outorgas subterrâneas

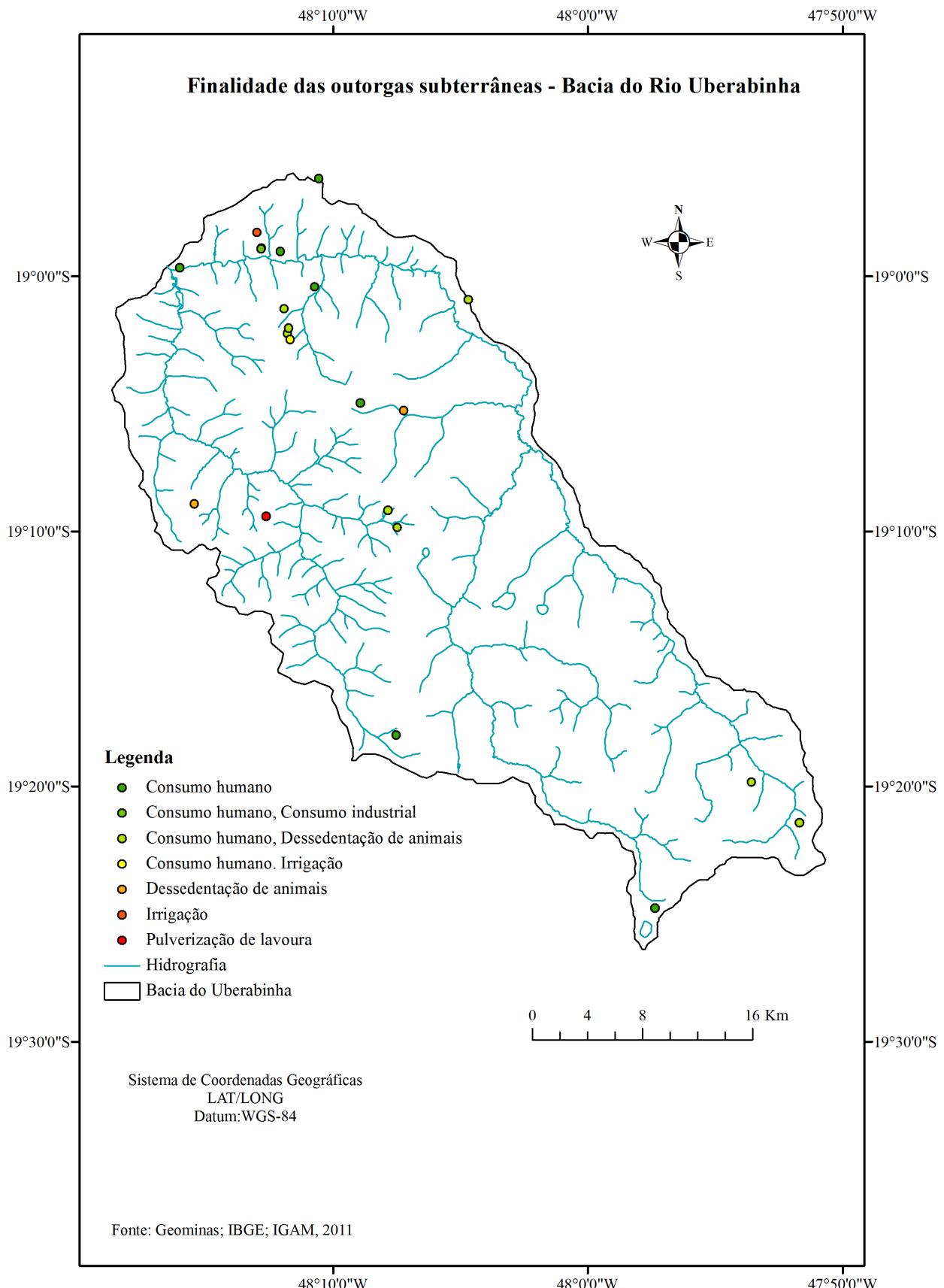
No que diz respeito às outorgas subterrâneas de uso dos recursos hídricos, na área de estudo existem 22 outorgas (Mapa 11) com um volume total mensal outorgado $0,0483 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que destas, 13 são voltadas para a agropecuária, 7 para o consumo humano e 2 para uso industrial.

As outorgas subterrâneas relacionadas à agropecuária são, em maior número destinadas a dessedentação de animais e consumo humano e, em menor número para irrigação e pulverização de lavoura. Já as 2 outorgas para uso industrial, além deste fim, são destinadas, também ao consumo humano.

Apesar da maior parte das outorgas subterrâneas serem voltadas para a agropecuária (13 outorgas ou 59% das outorgas), esta atividade possui volume outorgado equivalente a 47% do volume total outorgado nessa modalidade. Já as outorgas voltadas para o uso industrial representam 9% do total, no entanto esta atividade é responsável por 18% do volume do volume total outorgado.

Assim como as outorgas superficiais (Mapa 10), as subterrâneas (Mapa 11) se concentram, principalmente, no médio e baixo curso do rio Uberabinha na área de estudo.

Mapa 11: Localização e finalidade das outorgas subterrâneas – Bacia do Rio Uberabinha



Fonte: Geominas; IBGE; IGAM, 2011

4.5 - Demanda hídrica e o abastecimento público da cidade de Uberlândia

Alusivo à demanda hídrica, conforme foi descrito no item referente às outorgas superficiais, no período seco do ano, na área de estudo nota-se a existência de maior demanda e menor disponibilidade hídrica, sendo que o volume total outorgado neste período atinge $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Sabendo que deste total, $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para a captação de Sucupira no rio Uberabinha e $2,7$ para a captação de Bom Jardim no ribeirão de mesmo nome) é outorgado para duas captações do DMAE para o abastecimento público da cidade de Uberlândia e que, no entanto, de acordo com informações do DMAE, a estrutura instalada nestas captações tem potencial para captar apenas $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Pode-se afirmar, portanto, que a demanda real na área de estudo, atualmente, é de $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Desta forma, foi calculada a $Q_{7,10}$, utilizando dois critérios, o primeiro usando os dados de vazões mínimas de sete dias da Fazenda Letreiro e o segundo, também, utilizando estes dados, no entanto, foi acrescentado a demanda real captada na área a montante da estação que é de $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, pois nesta área situa-se a captação de Sucupira, cuja outorga é de $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$, mas possui um potencial de captação de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$, valor utilizado para este segundo cálculo. Como resultado destas duas formas de cálculo, pode-se dizer que, utilizando o primeiro critério, a $Q_{7,10}$ é de $2,51 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que de acordo com a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012, o limite máximo de captações a serem outorgado é 50% da $Q_{7,10}$, neste caso $1,26 \text{ m}^3/\text{s}$. Já o cálculo do $Q_{7,10}$ com acréscimo do volume outorgado que é captado obteve-se o seguinte valor $4,41 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que o limite de 50% da $Q_{7,10}$, vazão que pode ser outorgada, é de $2,21 \text{ m}^3/\text{s}$.

A partir destes dados foi calculada a vazão específica dos valores de 50% da $Q_{7,10}$ para as duas situações descritas, visto que ao utilizar apenas as vazões mínimas de sete dias, a vazão específica é de $1,59 \text{ l/s/Km}^2$ e usando as vazões mínimas com acréscimo do volume captado a vazão específica é de $2,79 \text{ l/s/Km}^2$. Assim, sabendo que a área de estudo corresponde a 1.239 Km^2 , foi possível calcular o volume outorgável na área, sendo que no primeiro caso a vazão é de $1,97 \text{ m}^3/\text{s}$ e no segundo $3,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ao relacionar volume outorgável com o total outorgado, nota-se que ao considerar o caso calculado apenas com os dados das vazões mínimas ($1,97 \text{ m}^3/\text{s}$) e o volume total outorgado ($6,3 \text{ m}^3/\text{s}$) há um déficit de $4,33 \text{ m}^3/\text{s}$ e com o volume outorgado e captado déficit de $1,63 \text{ m}^3/\text{s}$. No entanto, ao comparar o valor da $Q_{7,10}$ com acréscimo do volume captado ($3,46 \text{ m}^3/\text{s}$) e o volume outorgado ($6,3 \text{ m}^3/\text{s}$) há um déficit de $2,84 \text{ m}^3/\text{s}$, já se for considerado volume outorgado e captado há um excedente de $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tendo em vista que a vazão captada faz parte da produção hídrica do rio, para efeito de avaliação e análise da disponibilidade, será considerada como volume outorgável na área de estudo a $Q_{7,10}$ em que é computado o volume outorgado e captado, sendo assim, ao relacionar o volume outorgável e o total outorgado e captado, obedecendo a legislação estadual, a área de estudo, atualmente, possui excedente de $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$.

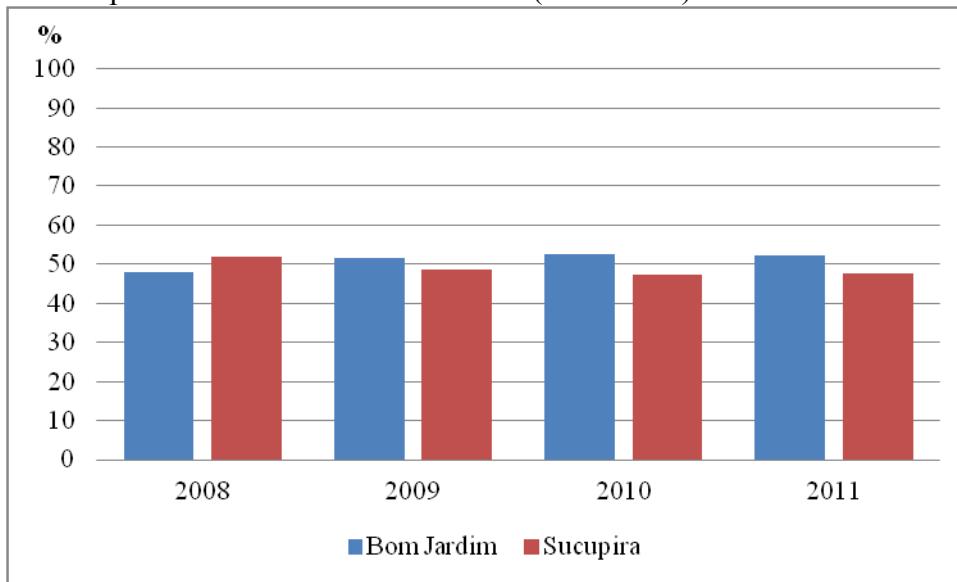
Sabe-se que as maiores demandas hídricas na área de estudo refere-se às captações de Sucupira e Bom Jardim, para abastecimento público de Uberlândia, no entanto a área de drenagem a montante das duas captações estão separadas. Desta forma cabe aqui, também, avaliar e analisar a disponibilidade hídrica de cada área. A área de drenagem a montante da captação de Sucupira possui 723 Km^2 , com volume total outorgado de $4,15 \text{ m}^3/\text{s}$ no período seco, no entanto, de acordo com legislação ambiental, esta área possui um limite outorgável (50% do $Q_{7,10}$) de $2,02 \text{ m}^3/\text{s}$, porém como em Sucupira não se capta todo o volume outorgado, ao considerar apenas a capacidade de captação nota-se que a atualmente a demanda é de $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, inferior ao limite, ainda sobre esta área vale destacar que apenas a captação de Sucupira tem outorga para captar água 24 horas por dia. Já a captação de Bom Jardim possui área a montante de 398 Km^2 e volume outorgado de $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$ no período seco, com limite outorgável de $1,11 \text{ m}^3/\text{s}$, mas assim como em Sucupira, em Bom Jardim atualmente não se capta todo o volume outorgado, com potencial de captação de $1,76 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, a capacidade de captação atualmente é superior ao limite outorgável. Dentre as outorgas na área de drenagem de Bom Jardim, apenas esta captação tem outorga para retirar água 24 horas por dia.

Sobre as duas captações de água para o abastecimento público de Uberlândia, vale destacar que nos dois casos a água é captada em reservatórios, que de acordo com o IGAM, possuem aproximadamente 54 hectares ($0,54 \text{ Km}^2$), fato este que torna possível para o DMAE acumular a quantidade máxima de água que o barramento comporte durante o período chuvoso podendo ser usado ao longo do período seco, quando as vazões estão mais baixas, desde que respeitando a legislação vigente.

Ao comparar o percentual médio anual de água tratada proveniente das duas captações para o abastecimento público da cidade de Uberlândia no período de 2008 a 2011 (Gráfico 28), nota-se que, com exceção do ano 2008, a quantidade captada em Bom Jardim foi maior do que em Sucupira, informações estas que podem ser explicadas pelo fato da captação de Bom Jardim se encontrar a uma distância menor da cidade em relação à Sucupira, com uma diferença de aproximadamente 5 quilômetros, reduzindo o

custo de bombeamento de água. No entanto, a disponibilidade hídrica na captação de Sucupira é maior que em Bom Jardim, pois com o aumento na demanda que ocorrerá em um cenário futuro esta relação comparativa de quantidade de água captada será invertida, portanto, Sucupira será responsável por um percentual de captação maior para o abastecimento público de Uberlândia.

Gráfico 28: Percentual médio anual de água tratada por captação para o abastecimento público da cidade de Uberlândia (2008-2011)

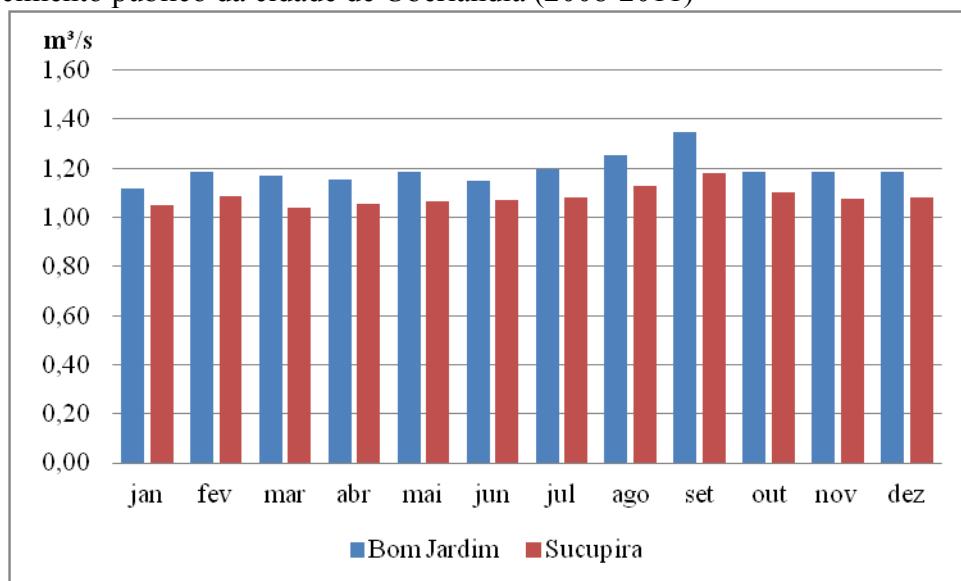


Fonte: DMAE, 2012

Ainda sobre as duas captações de água para o abastecimento público de Uberlândia, no Gráfico 29 pode-se observar os dados referentes à vazão máxima mensal, em m^3/s , tratada por captação de água no período de 2008 a 2011, sendo que, assim como foi verificado no Gráfico 28, em todos os meses do ano a quantidade máxima captada foi maior em Bom Jardim do que em Sucupira. Nota-se, também, que a quantidade de água tratada foi maior nos meses de agosto e setembro, com volume total tratado de 2,38 e 2,53 m^3/s , respectivamente. Já o mês com menor volume de água tratada é janeiro com vazão máxima mensal no período analisado de 2,09 m^3/s . O volume elevado de água tratada nos meses de agosto e setembro pode ser explicado pelo fato de estes meses estarem no final do período seco da região com ocorrência de baixos índices de umidade relativa do ar e aumento na velocidade dos ventos, que associado a paisagem seca predominante na região neste período contribui para tornar o ambiente urbano com maior concentração de sujeira, sendo necessária uma demanda maior de água para realizar esta limpeza, como também um uso maior na irrigação de jardins. Já

a demanda menor no mês de janeiro pode ser explicada pela ocorrência de dois fatores: primeiro, por ser um mês com umidade relativa do ar elevada e, principalmente, por ser o mês em que grande parte da população está de férias, sendo assim, sabendo que durante este período uma parcela da população viaja, há uma redução na demanda hídrica, além, é óbvio de ser janeiro o mês mais chuvoso, quando há uma grande redução no uso de água para jardins e lavagem de passeios e calçadas.

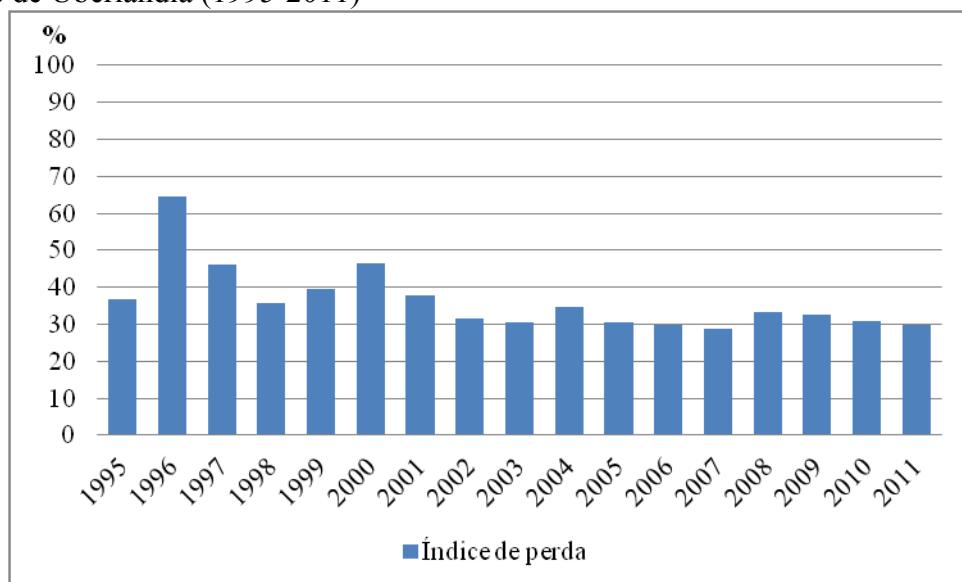
Gráfico 29: Vazão máxima mensal (m^3/s) tratada por captação de água para o abastecimento público da cidade de Uberlândia (2008-2011)



Fonte: DMAE, 2012

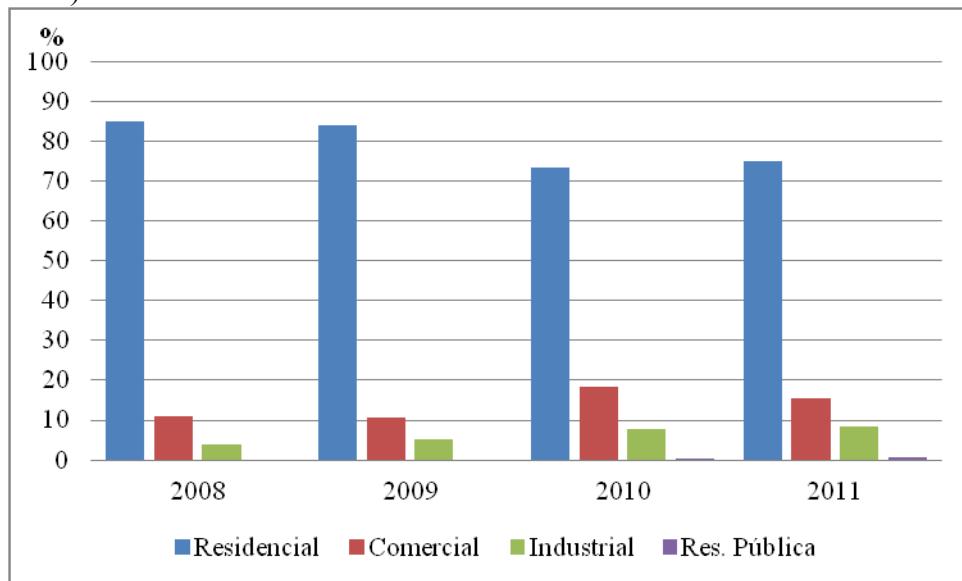
Para avaliar a eficiência do sistema de abastecimento de água, é importante verificar o índice de perda na distribuição. Concernente ao abastecimento público de Uberlândia entre 1995 a 2011, tal índice pode ser visualizado no Gráfico 30, podendo notar que no decorrer deste período houve uma redução no percentual de perda de água na distribuição, sendo que na década de 1990 este índice oscilou bastante, entre 35 e 45%, valores considerados altos. Nesta mesma década, nota-se que no ano de 1996 foi registrado um índice de perda de aproximadamente 65%, porém, devido a discrepância desta informação, provavelmente os dados referentes a este ano estão incorretos. Já na década de 2000, nota-se uma redução no índice de perda de água com percentual em torno de 30%, o que pode ser em função de melhorias no sistema de distribuição.

Gráfico 30: Percentual de perda de água por ano no sistema de distribuição na cidade de Uberlândia (1995-2011)



Fonte: DMAE, 2012

Gráfico 31: Percentual médio anual de água consumida por finalidade de uso (2008-2011)



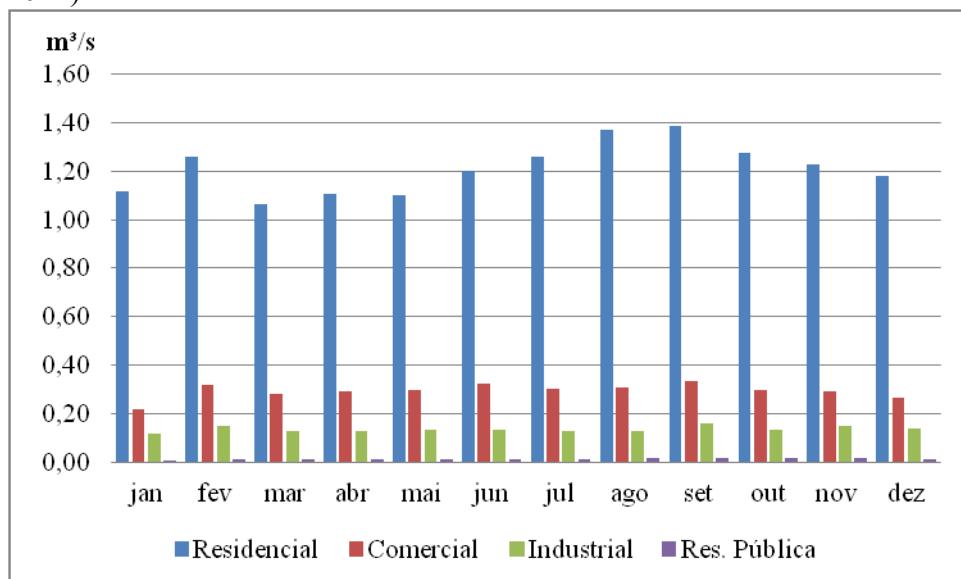
Fonte: DMAE, 2012

Buscando uma melhor compreensão do abastecimento de água em Uberlândia foi analisada, também, a quantidade de água consumida por setor usuário no período de 2008 a 2011. Assim, ao observar o Gráfico 31 nota-se que a maior parte da água distribuída pelo DMAE é destinada ao uso residencial, entre 70 e 85%, visto que ao longo do período analisado verifica-se uma pequena redução no percentual de água para o consumo residencial e aumento do consumo comercial e industrial. Observa-se,

também que, a partir de 2010 o DMAE integrou mais uma categoria de usuários, as residências públicas.

Já ao analisar as vazões máximas mensais de consumo (Gráfico 32), verifica-se que as maiores oscilações ocorrem no uso residencial, com maior demanda no meio e final do período seco e início do chuvoso, devido a baixa umidade relativa do ar, aumento na velocidade dos ventos, e no final do período seco e início do chuvoso, se deve também a elevação das temperaturas. Nota-se, também, neste setor que no mês de fevereiro há uma elevação na vazão máxima consumida, podendo ser explicado pelo fato de ser um mês com altas temperaturas, aumentando, assim a demanda hídrica para sanar o desconforto gerado por esta condição meteorológica.

Gráfico 32: Vazão máxima mensal (m^3/s) consumida por finalidade de uso (2008-2011)



Fonte: DMAE, 2012

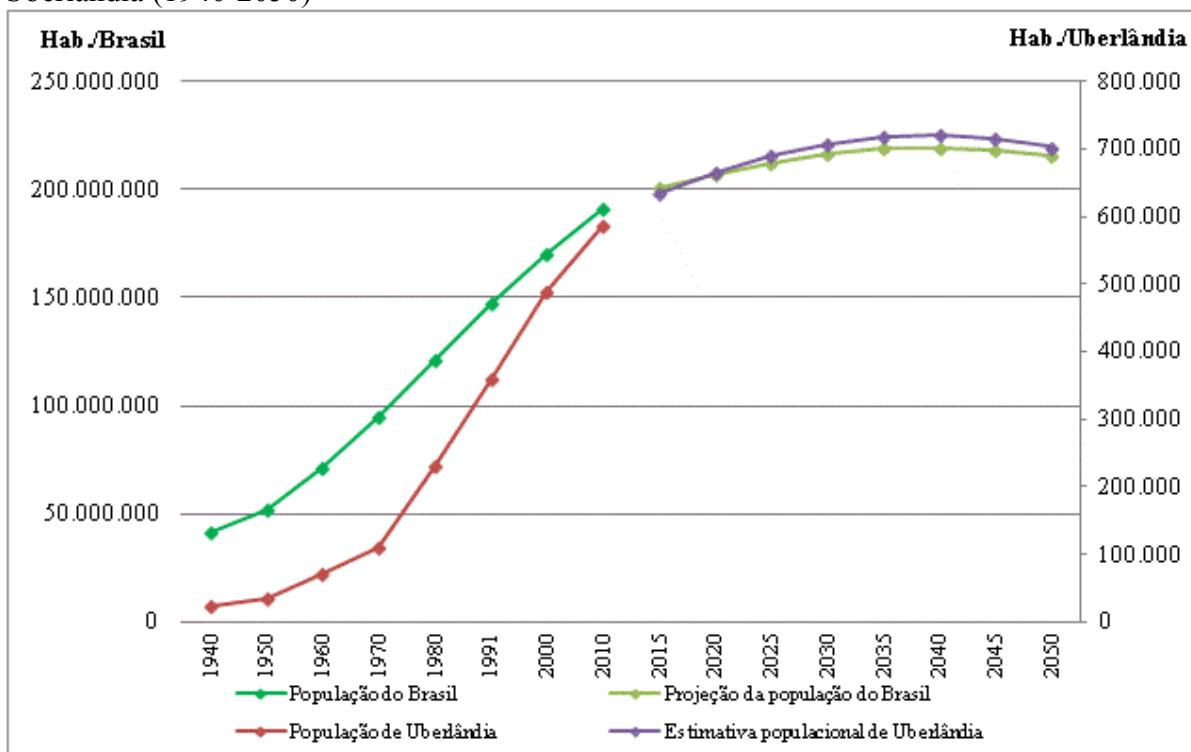
Seguindo esta ideia de análise do abastecimento público na cidade de Uberlândia, torna-se necessário, também, a compreensão do processo de crescimento populacional da cidade Uberlândia, bem como a realização projeções de crescimento a médio e longo prazo visando avaliar a possível demanda hídrica futura para atender este público.

Neste sentido, analisando os dados populacionais do Brasil e da cidade de Uberlândia registrados pelo IBGE, no período de 1940 a 2010 (Gráfico 33), nota-se que proporcionalmente, neste período, o crescimento de Uberlândia foi maior que o do país, com destaque para o intervalo entre 1970 e 2000 em que, conforme pode ser

visualizado, a linha que representa os dados populacionais da cidade de Uberlândia ficou no sentido vertical, passando de uma população de 111.466 habitantes em 1970 para 488.982 habitantes em 2000.

No que diz respeito às projeções e estimativas populacionais (Gráfico 33), verifica-se que, proporcionalmente, a população de Uberlândia supera a brasileira, no entanto, para os dois territórios a tendência é de estabilização, tornando horizontal a linha de estimativa populacional e, a partir de 2040, redução no crescimento populacional. Esta redução no crescimento pode ser explicada, sobretudo, pela diminuição na taxa de natalidade.

Gráfico 33: Dados, projeções e estimativas populacionais do Brasil e de Uberlândia (1940-2050)



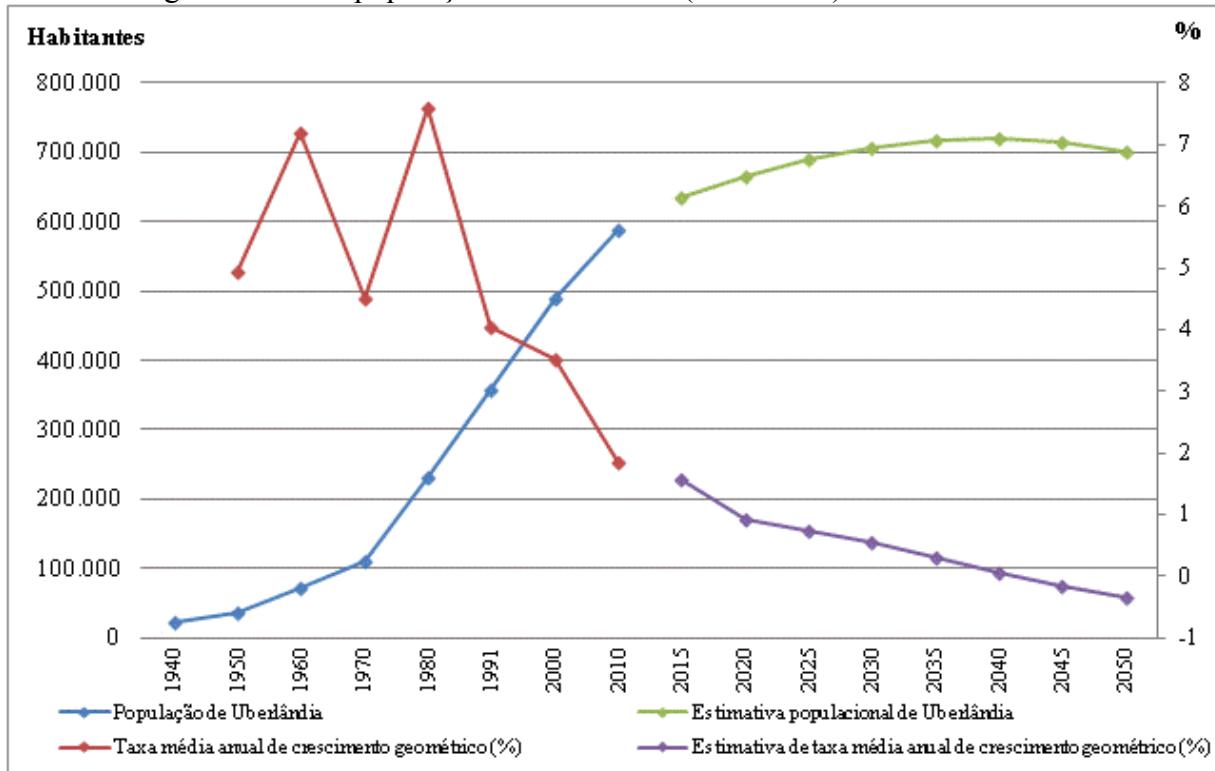
Fonte: IBGE, 2012

Já, ao relacionar os dados e estimativas populacionais de Uberlândia com a taxa média anual de crescimento geométrico (%) (Gráfico 34), pode-se observar que as décadas com maior crescimento geométrico foi 1950-1960 e 1970-1980, superando 7%.

No intervalo de 1970 a 2000, nota-se um aumento significativo na população de Uberlândia, sendo que neste intervalo de tempo a taxa média anual de crescimento geométrico atingiu índice de 5%.

No período referente às estimativas populacionais (2015-2050), verifica-se que a tendência é de redução nas taxas de crescimento populacional da cidade de Uberlândia, sendo que a partir de 2045 há um declínio nos valores de totais populacionais, fato este refletido na estimativa de taxa média anual de crescimento geométrico com queda no percentual de crescimento até o índice negativo na década de 2040.

Gráfico 34: Dados e estimativas populacionais e taxa média anual de crescimento geométrico da população de Uberlândia (1940-2050)



Fonte: IBGE, 2012

Com base nos dados descritos neste item e sabendo que o DMAE está aumentando o potencial de captação tanto em Sucupira como em Bom Jardim, elevando a capacidade de Sucupira de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ para $2 \text{ m}^3/\text{s}$ e Bom Jardim de $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ para $2 \text{ m}^3/\text{s}$, desta forma o volume outorgado e captado na área de estudo passará de $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ para $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Sendo assim, a área de drenagem a montante da captação de Sucupira que, conforme já descrito, possui um limite outorgável (50% do $Q_{7,10}$) de $2,02 \text{ m}^3/\text{s}$, passaria a ter volume outorgado e captado de $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, ultrapassaria o limite outorgável. Já a área a montante captação de Bom Jardim, que conforme descrito, no período seco, já capta volume acima do limite outorgável, tendo como limite vazão de $1,11 \text{ m}^3/\text{s}$, passaria a ter a demanda para captação outorgada de $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, aproximadamente duas vezes o que poderia ser outorgado.

A partir dos dados populacionais e tendo como referência o “Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais”, disponibilizado pelo IGAM, que relata na parte referente ao consumo de água no abastecimento público que em cidades grandes, com mais de 250.000 habitantes, como é o caso de Uberlândia, o consumo médio por habitante deve ser de 150 a 300 litros/habitante/dia. Assim, utilizando o consumo médio máximo, ou seja, 300 litros/habitante/dia, em 2010, com população urbana 587.266 habitantes, seria necessário 2,04 m³/s para atender esta população, sendo que ao observar os Gráficos 33 e 34 nota-se de acordo com as estimativas populacionais a população de Uberlândia atingirá 720.080 habitantes em 2040, demandando, assim, uma vazão de 2,50 m³/s para abastecimento de água para esta população. Sabendo que de acordo com o Gráfico 31, o consumo residencial para atender a população atualmente atinge um percentual de aproximadamente 75%, mas havendo possibilidade de no decorrer dos anos ocorrer algum tipo de anomalia, foi estimado que o consumo residencial represente 70% do abastecimento público de Uberlândia e considerando o ápice da população urbana de Uberlândia de 720.080 habitantes, pode-se afirmar que o abastecimento público de Uberlândia terá uma demanda de 3,57 m³/s. Vale destacar, também, que foi utilizado o consumo médio de 300 litros/habitante/dia, ou seja, um valor elevado de consumo por habitante, no entanto foi desconsiderado o índice de perda no sistema de distribuição. Portanto, cabe ao poder público, juntamente com os órgãos competentes, estabelecer projetos e políticas buscando reduzir as perdas no sistema de distribuição e o consumo médio da população.

No entanto, vale destacar que, devido à dinâmica logística, com grande número de empresas no setor de serviços e ao parque industrial instalados na cidade e que futuramente podem ser projetados para cidade, este percentual de uso no abastecimento público pelos quatro setores aqui destacados (residencial, industrial, comercial e residência pública) pode sofrer algumas alterações, ampliando ainda mais a demanda.

Cabe aqui ressaltar, também, que foi utilizada para calcular as estimativas populacionais a metodologia proposta pelo IBGE, sendo esta a instituição responsável por trabalhar com dados populacionais no Brasil. No entanto, devido a complexidade de se estimar uma população e a dinâmica político-econômica de uma cidade, estas estimativas são passíveis de erros. Porém, mesmo podendo ter erros, a estimativa é uma importante forma de se fazer um planejamento a longo prazo, sendo necessário estipular intervalos para atualização das informações geradas.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos neste trabalho e sabendo que a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece que a gestão de recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas e ser realizada de forma descentralizada e participativa, pode-se concluir que é necessário um planejamento coletivo na área de estudos, já que a disponibilidade hídrica é insuficiente para atender a demanda outorgada, com o objetivo de envolver todos os usuários da bacia na gestão dos recursos hídricos.

Tendo em vista o cenário atual em que o uso predominante da água é para o abastecimento público e que a disponibilidade hídrica na área é insuficiente, cabe a este setor, juntamente com os poderes públicos dos municípios que fazem parte da bacia, a iniciativa de mobilização dos usuários de água, buscando a implantação de ações que visem o manejo adequado da bacia contribuindo para a regulação hídrica nos períodos de estiagem.

Dentre as medidas que podem ser adotadas para melhoria na gestão dos recursos hídricos, no âmbito político dos municípios, seria a criação de um Consórcio Intermunicipal entre os municípios de Uberaba e Uberlândia com o propósito de implementar ações que visem melhorar as condições ambientais da Bacia do rio Uberabinha, sobretudo na região das nascentes. Tendo em vista que todas as nascentes do rio Uberabinha se encontram na região da chapada entre Uberaba e Uberlândia e que nesta mesma região se encontram as nascentes do rio Tijuco e de alguns afluentes do rio Claro, este Consórcio poderia ter como principal território de atuação esta região, sendo que, além do rio Uberabinha, o rio Claro também é manancial de água para abastecimento público, porém, este último é responsável por parte do abastecimento da cidade de Uberaba. Desta forma, com a criação e a efetiva implantação de ações visando à melhoria das condições ambientais e, consequentemente, hídricas na região da chapada, conforme sugerido, poderia obter como principal resultado a melhoria das condições quali-quantitativas da água para abastecimento das duas principais cidades da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, principal fato que tornaria o projeto de criação de Consórcio de grande relevância para os dois municípios.

Ainda sobre as medidas para melhoria das condições ambientais na área da chapada, vale aqui destacar que em 2011, foi criado um grupo de trabalho pelo Comitê do Rio Araguari para elaboração de um relatório que, posteriormente, foi apresentado, intitulado como “Proposta para Criação de APA na Chapada do Bugre/ Triângulo

Mineiro". No entanto, após apreciação dos componentes do comitê, este relatório não foi aprovado em votação, porém este mesmo foi encaminhado ao Governo do Estado de Minas Gerais, onde segue em tramitação.

Outra medida que poderia ser tomada para melhoria da gestão dos recursos hídricos seria a criação de um Sub-Comitê da Bacia do Uberabinha, englobando áreas de parte dos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, com o intuito de envolver a sociedade que de alguma forma esteja ligada a questão hídrica, com o objetivo de propiciar melhoria na quantidade e qualidade das águas superficiais na área da bacia.

Além de ações buscando melhorar a gestão de recursos hídricos na área, verifica-se, também, a necessidade de implantação de projetos técnicos, que visem a melhor compreensão da dinâmica hídrica, bem como para subsidiar futuras tomadas de decisão. Dentre as ações técnicas que podem ser implantadas, destaca-se o estudo da relação uso do solo e vazão, com finalidade de apontar quais atividades possuem maior interferência na dinâmica hídrica.

Outro importante projeto necessário para a área de estudo diz respeito à instalação e monitoramento de mais estações meteorológicas e hidrométricas, possibilitando uma análise hidro-meteorológica em escala menor, evitando possíveis erros causados pela generalização de dados, ou seja, possibilitando o conhecimento da dinâmica hídrica na bacia de forma mais detalhada.

Sabendo que a região central do Brasil, na qual a área de estudo está inserida, possui duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, um projeto que poderia ser implantado é a reservação de água, por meio de barramento de regularização de vazão, acumulando o excedente de água durante o período chuvoso para utilização ao longo do período com vazões baixas, aumentando assim a disponibilidade hídrica durante os períodos críticos, com alta demanda e baixa disponibilidade hídrica. No entanto, tendo em vista os aspectos geoambientais da área de estudo, sobretudo a região da chapada, para implantação de tal projeto seria necessário um estudo multidisciplinar sobre a viabilidade técnica e socioambiental apontando os seus malefícios e benefícios e estabelecendo as restrições técnicas para tais empreendimentos, sendo que após a conclusão de tal estudo torna necessário, também, o debate entre a sociedade que de alguma maneira esteja ligada ao projeto, positiva e/ou negativamente, juntamente com o poder público visando decidir de forma favorável ou não sobre a implantação destes barramentos, através de documentos com força de lei.

Além das ações sugeridas para melhoria das condições ambientais e hídricas na bacia, cabe aqui também, propor algumas para o melhor aproveitamento das águas no ambiente urbano de Uberlândia, já que o principal uso é para o abastecimento público da cidade. Neste sentido, sugere-se a priori três medidas que serão descritas a seguir.

Primeiramente, nota-se a necessidade de ações educativas que visem à redução do consumo per capita e, posteriormente, a revisão da legislação atual, pois a mesma considera como infração o ato de desperdício de água somente em caso de racionamento, e ao percorrer a cidade é possível verificar muitos casos de desperdício de água. Quanto a este desperdício, pode-se afirmar que um dos motivos que contribui para aumentar o consumo per capita é o fato de o valor cobrado pela água em Uberlândia ser baixo, se comparado ao valor cobrado na região, o que pode ser considerado bom, tendo em vista que água é um bem primordial para a sobrevivência humana e para a execução de atividades básicas, porém parte da população ainda tem a concepção de que é responsabilidade dos órgãos públicos e do DMAE o aumento da captação de água de forma indiscriminada para atender o consumo de água na cidade. Assim, as ações educativas servirão como medida para sensibilizar a população quanto ao seu papel como cidadão e consumidor de água buscando a redução do desperdício de água através de informações sobre o tema, buscando um consumo mais consciente da água e o combate ao desperdício, cujas penalidades seriam aplicadas nos casos em que, mesmo com as ações educativas, as pessoas insistirem no desperdício, de tal modo que estas duas medidas aplicadas de forma complementar podem reduzir este consumo sem a necessidade de onerar os consumidores considerados como racionais pelo órgão competente.

Outra medida a ser tomada referente ao sistema de abastecimento público de Uberlândia, diz respeito à redução, por parte do DMAE (responsável pela distribuição de água) no índice de perda de água no sistema, sendo que desde a captação no manancial até a sua entrega ao consumidor final há uma perda de aproximadamente 30% da água durante o percurso, ou seja, com a melhoria na manutenção, principalmente, das tubulações e encanamentos é possível um aumento na oferta de água para a cidade e/ou redução na captação de água no manancial.

Por último, sobre as ações sugeridas para melhor aproveitamento das águas no ambiente urbano, vale destacar, também, a necessidade da aprovação e implementação de leis referentes ao reuso da água e aproveitamento de águas pluviais na cidade de Uberlândia, principalmente em grandes empreendimentos, medida esta que contribuiria

tanto para a redução do consumo de água como para amenizar o problema de enchentes, que é recorrente, na área urbana. Sobre este tema, se encontra em tramitação na Câmara Municipal de Uberlândia um projeto de lei complementar que “Estabelece o “uso das águas pluviais” e o “reuso da água”, nas edificações de iniciativa privada que especifica, no município de Uberlândia, e dá outras providências.”, no entanto para execução do mesmo é necessário a aprovação tanto pelo legislativo como pelo executivo municipal. Vale aqui ressaltar que estas três medidas são apenas sugestões, portanto, cabe a sociedade a busca pela efetiva implantação de tais ações e/ou outras que tenham como objetivo a melhoria no abastecimento urbano e o melhor aproveitamento da água na cidade.

No que diz respeito ao abastecimento de água em Uberlândia, vale destacar, também, que além da expansão do potencial de captação de 3 m³/s para 4 m³/s, foi lançado em junho de 2012, pela Prefeitura de Uberlândia, o projeto para uma nova captação de água com capacidade para 2 m³/s, localizada no rio Araguari (Capim Branco) e construção de uma nova ETA, desta forma, as três captações juntas passariam a ter um potencial de captação de 6 m³/s.

Sobre as informações geradas através da análise geoestatística, pode-se afirmar que as mesmas podem ser úteis para o órgão que administra o sistema de abastecimento da cidade (DMAE), podendo estabelecer, por meio dos períodos de retorno de vazão mínima, níveis de alerta em períodos críticos e assim, adotar medidas que possam minimizar os efeitos de tal fenômeno. Ainda sobre o DMAE, é necessário aumentar a reservação de água em grandes depósitos de água tratada, com o objetivo de estabelecer uma segurança hídrica de maior confiança, reduzindo os riscos de falta de água.

Outro uso que pode utilizar das informações geradas pela análise geoestatística é o setor hidrelétrico, pois na bacia do Uberabinha, a jusante da área de estudo, se encontram instaladas duas pequenas centrais hidrelétricas (PCH), Martins e Malagone, e outras PCHs em estudo para instalação no futuro, sendo que para a construção e operação destas PCHs é de extrema importância o conhecimento da distribuição de probabilidades, tanto no que diz respeito a vazões máximas para determinar a capacidade de armazenamento de água no reservatório, como das vazões mínimas para estimar as vazões críticas para geração de energia.

Além dos usos supracitados, esta análise pode ser aplicada, também, em empreendimentos agropecuários, industriais dentre outros.

A partir dos resultados obtidos e dos objetivos propostos neste trabalho, pode-se afirmar que a metodologia aplicada foi satisfatória para atingi-los, no entanto vale ressaltar a necessidade de implantação de novas pesquisas e projetos, como por exemplo, a instalação de uma nova rede de monitoramento hidro-climatológica para melhor detalhamento da dinâmica hídrica na área de estudo, buscando o aperfeiçoamento das técnicas de análise hidrológica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidro: Sistema de Informações Hidrológicas. Versão 1.2.** Brasília: ANA, 2009.

. **HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas.** Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 15 jun. 2011.

. **Hidro: Sistema de Informações Hidrológicas.** Manual do usuário. Versão 1.0. 2002. 71 p.

. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água.** Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2012.

. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil : informe 2011.** Brasília: ANA, 2011. 112 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>. Acesso em: 15 fev. 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.

BACCARO, C. A. D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade e natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 17-21, 1989.

BERNARDES, M. B. J. **Bacia hidrográfica do Rio Uberabinha: a disponibilidade de água e uso do solo sob a perspectiva da educação ambiental.** 2007. 221 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Declaração da Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente (Estocolmo, 1972).** Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=23. Acesso em: 05 mar. 2012.

. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992).** Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=23. Acesso em: 05 mar. 2012.

BRASIL. Estatuto da Cidade. **Estatuto da cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana.** 2. Ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001. 273 p.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos.** 7 ed. Brasília: MMA, 2011. 640 p.

BRASIL. Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acesso em: 23 nov. 2011.

BRASIL. Lei 5.106, de 2 de setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Disponível em: http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=5106&tipo_norma=LEI&data=19660902&link=s. Acesso em: 23 nov. 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 23 abr. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH**. Brasília: MMA. CD-ROM.

_____. **Agenda 21**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?id=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=575&idMenu=9065>. Acesso em: 05 mar. 2012.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 177-241.

CAMPOS, Y. O. **Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica**. 2010. 186 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 115 p. Apostila. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986. 464 p.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acessado em: 06 mar. 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, Editora da Universidade de São Paulo, 1974.

_____. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CLEPS JUNIOR, J. **Dinâmica e estratégias do setor agroindustrial no cerrado: o**

caso do Triângulo Mineiro. 1998. 291 f. Tese (Doutorado em Organização do Espaço). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Rio Claro, 1998.

Comitê de Bacia do Rio Araguari (CBH-Araguari). Disponível em: <http://www.cbharaguari.org.br/>. Acessado em: 23 jan. 2012.

COSTA, F. M. Análise por métodos hidrológicos e hidroquímicos de fatores condicionantes do potencial hídrico de bacias hidrográficas. 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

COSTA, F. P. M. Utilização de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas vulneráveis à contaminação do lençol freático: o caso da bacia do alto e médio curso do rio Uberabinha – MG. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE). Disponível em: <http://www.dmae.mg.gov.br/>. Acessado em: 22 mar. 2012.

FELTRAN FILHO, A; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade e natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 65-80, 2007.

GARCEZ, L. N. Hidrologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1967.

GEOMINAS. Disponível em: <http://www.geominas.mg.gov.br/>. Acessado em: 22 set. 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Banco de Dados Agregados (IBGE-SIDRA). Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acessado em: 22 set. 2008.

_____. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acessado em: 22 set. 2011.

_____. **Metodologia adotada nas estimativas populacionais municipais.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2005/estimativa_pop.shtml. Acessado em: 22 jan. 2012.

_____. **Metodologia das Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros para 1º de Julho de 2011.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011/metodologia_08112011.pdf. Acessado em: 22 jan. 2012.

_____. **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 1980-2050 - Revisão 2008.** Disponível em:

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/projeto.pdf. Acessado em: 22 jan. 2012.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: IGAM, 2010. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2011.

_____. Disponível em:
<http://www.igam.mg.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2011.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: www.inpe.br. Acesso em: 25 jan. 2012.

LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 79-176.

LCRH-UFU – Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Uberlândia. **Banco de dados climatológicos**. Uberlândia, 2011.

MENDES, P. C.; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba-MG. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org.). **Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais**. Uberlândia: Assis Editora, 2011. P. 333-354.

MICROSOFT OFFICE. Disponível em: <http://office.microsoft.com/pt-br/excel-help/lista-de-funcoes-de-planilha-por-categoria-HP010079186.aspx>. Acesso em: 03 nov. 2011.

MINAS GERAIS. Fundação João Pinheiro. **Anuário estatístico de Minas Gerais 2000-2001**. Belo Horizonte, v. 9, 2002. 584 p.

_____. Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Sistema Integrado de Informações Ambientais (Siam). Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acesso em: 13 nov. 2011.

_____. Deliberação Normativa CERH - MG nº 06, de 04 de outubro de 2002. Estabelece as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Sistema Integrado de Informações Ambientais (Siam). Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5704>. Acesso em: 13 nov. 2011.

_____. Decreto nº 39.912, de 22 de setembro de 1998. Institui o comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari e dá outras providências. Secretaria de Estado de

Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Sistema Integrado de Informações Ambientais (Siam). Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1567>. Acesso em: 13 nov. 2011.

_____. Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Sistema Integrado de Informações Ambientais (Siam). Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=20939>. Acesso em: 10 abr. 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Conjunto de Normas Legais: Recursos Hídricos.** 7 ed. Brasília: MMA, 2011. 640 p.

NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística.** Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade e natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 09-16, 1989.

_____. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1/100.000, aplicados ao município de Uberlândia-MG.** 363f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PINTO, N. L. de S. et al. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema Território e Paisagem - método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 5-31, jan./jun. 2009. Disponível em:
<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/2445/2273>. Acesso em: 16 jan. 2012.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SANTOS, J. G. ; ASSUNÇÃO, W. L. . Caracterização e duração das estações seca e chuvosa nos municípios de Chapadão do Sul e Costa Rica (MS). In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 14, 2011, Dourados-MS. **Anais...** Dourados: UFGD, 2011.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** 2. Ed. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SCANLON, J.; CASSAR, A.; NEMES; N. **Water as a Human Right?** UK: IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 2004. 53 pp. Disponível em:
<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/EPLP-051.pdf>. Acesso em: 10 set. 2011.

SCHNEIDER, M. O. **Bacia do rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente.** 1996. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SILVEIRA, A. L.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. F. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 335-372.

_____. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 35-51.

SILVEIRA, G. L. et. al. Outorga para o uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, p. 5-16, 1998. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v3/v3n3/outorga.pdf>. Acesso em: 12 set. 2011.

SILVESTRE, M. E. D. **Água doce no Brasil: razões de uma nova política.** 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

SOARES, B. R. **Habitação e produção do espaço em Uberlândia.** 1988. 236 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

SOUSA, H. T. et al. **Sistema Computacional para Análise Hidrológicas – SISCAH 1.0.** Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), 2009.

PINTO, N. L. de S. et al. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 391-441.

_____; BELTRAME, L.F.S. Evaporação e evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 253-288.

_____; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** Brasília: MMA, 2006. 302 p.

UN WATER. Disponível em: <http://www.unwater.org/index.html>. Acesso em: 26 out. 2011.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia.** Recife: Versão digital 2, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WARTCHOW, D. Serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário: compromisso com a universalização e a qualidade. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS). **Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico.** Brasília, 2009. P.273-283. Disponível em: http://www.cidados.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Coletanea_Lei11445_Livro2_Final.pdf. Acesso em: 03 mar. 2012.