

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**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**

FELIPE PROVENZALE MARIANO COSTA

UBERLÂNDIA/MG

2009

FELIPE PROVENZALE MARIANO COSTA

**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**

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

**Área de Concentração: Análise e
Planejamento Sócio-Ambiental**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

**Uberlândia/MG
2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C837u Costa, Felipe Provenzale Mariano, 1983-

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 / Felipe Provenzale Mariano Costa. -2009.

136 f. : il.

Orientador: Luiz Nishiyama.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia. Pro-

grama de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui bibliografia.

1. Bacias hidrográficas - Uberlândia (MG) - Teses. 2. Sistemas de informação geográfica - Teses. 3. Solo - Uso - Planejamento - Teses.

4. Água - Poluição - Teses. I. Nishiyama, Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 911:681.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

FELIPE PROVENZALE MARIANO COSTA

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



Prof. Dr. Luiz Nishiyama (Orientador) - UFU



Prof. Dr. Wallace de Oliveira - UFMS



Prof. Dr. Paulo Cesar Mendes - UFU

Data: 09/06 de 2009

Resultado: Aprovado

À minha família, pelo apoio irrestrito e estímulos que me impulsionaram, e que souberam tão bem compreender os meus momentos de ausência durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao orientador, Prof. Dr. Luiz Nishiyama, pelo incentivo, presteza e auxílio às atividades envolvidas durante a realização da dissertação de mestrado.

À CAPES, que proporcionou os recursos necessários para que fosse realizado o curso de pós-graduação em Geografia.

Agradecimentos especiais aos meus amigos Paulo e Gersa, que muito me auxiliaram na leitura, correções e formatação desse trabalho. Também pelo companheirismo.

Aos amigos do Museu de Minerais e Rochas – UFU, Beatriz e Paulino, que me acompanharam durante todo o período de pós-graduação, disponibilizando o espaço, os materiais e trabalhos de campo necessários para a realização das pesquisas. Ao Prof. Dr. Adriano, pelas discussões e opiniões que vieram a contribuir.

Aos professores da pós-graduação, que compartilharam de seus conhecimentos e experiências quando da realização das disciplinas.

Aos colegas de sala, pelo companheirismo, amizade, auxílio e troca de experiências.

A Aline Mariano, pelo auxílio na correção e formatação dos exemplares finais.

Também agradeço às secretárias da coordenação do curso de pós – graduação em Geografia, Dilza e Cínara, e ao coordenador, Prof. Dr. Samuel do Carmo Lima.

A todas as pessoas que estiveram comigo, não menos importantes do que as aqui mencionadas que de alguma forma também contribuíram não só para a realização deste trabalho, mas também para a minha formação como ser humano.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

Devido à necessidade de encontrar uma forma eficaz de gerenciamento dos recursos hídricos, a bacia hidrográfica vem sendo proposta como uma unidade básica para o seu planejamento e gestão. Em face do exposto, escolheu-se como área de estudo a porção da bacia do rio Uberabinha situada à montante da cidade de Uberlândia. Visto que a bacia hidrográfica do Rio Uberabinha vem sofrendo uma forte ocupação agrícola nas últimas décadas, e constitui o sistema de mananciais responsáveis pelo abastecimento urbano de água de Uberlândia, o presente trabalho propõe analisar os aspectos referentes aos tipos de solo e seu respectivo uso e ocupação, utilizando-se de procedimentos, de análises e de avaliações que permitam compreender o comportamento da infiltração da água em cada unidade de solo em virtude da sua cobertura vegetal e atividade agropecuária desenvolvida. Tal afirmação se justifica visto que as tendências da agricultura moderna voltada para grandes produtividades, é altamente tecnificada e dependente de insumos agrícolas, sendo que o uso de tais elementos nestes sistemas de produção gera uma espécie de poluição, caracterizada pela baixa concentração de contaminantes ao longo de áreas muito extensas (difusa ou não pontual). Como a quantidade e a natureza das condições que influenciam nas características dos impactos causados em uma bacia hidrográfica pela ação antrópica são inúmeras, a adoção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para auxiliar nas análises se faz necessária. Determinados SIG's (SPRING 5.0.1 e ARCGIS 9.2) foram utilizados com a intenção de identificar as áreas vulneráveis à contaminação da água superficial e subsuperficial por aplicação de defensivos agrícolas, levando-se em consideração o uso do solo, dados de infiltração de água obtidos por testes realizados *in situ* com o uso do permeâmetro *Guelph*, tipo de solo, declividade e profundidade do lençol freático. Dessa forma, foram obtidos resultados como condutividade hidráulica, potencial de infiltração e vulnerabilidade à contaminação. Fez-se uso de recursos disponíveis no *software* ARCGIS 9.2, mais especificamente a ferramenta *Raster Calculator* disponível na extensão *Spatial Analyst*, para realização de operações de *álgebra de mapas* com intuito de alcançar os resultados desejados. O *software* SPRING foi utilizado para processamento de imagens do satélite Landsat 5, para a realização do mapeamento de uso do solo. O levantamento da condutividade hidráulica de tipos do uso do solo especificados levando em consideração o uso dos mesmos, foi importante para o diagnóstico da relação que existe entre o manejo da atividade agropecuária desenvolvida e a percolação de águas pluviais, sendo perceptível a diferença entre as áreas que ainda mantêm a cobertura vegetal natural e as que hoje são ocupadas pela atividade antrópica. O mapa de potencial de infiltração representa uma ferramenta importante para identificação de áreas em que o risco à erosão é maior, sendo estas as cabeceiras dos cursos d'água e as encostas de vales fluviais com maior declividade. O mapa de vulnerabilidade à contaminação das águas representou as áreas onde os mananciais se apresentam com maior grau de probabilidade a serem contaminados por resíduos advindos principalmente das lavouras de culturas anuais, tanto via águas subsuperficiais como superficiais.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas, Sistemas de Informação Geográfica, Álgebra de Mapas, Vulnerabilidade à Contaminação.

ABSTRACT

Due to the necessity of finding an efficient way of management for the water resources, the drainage basin has been proposed as the basic unity for its planning and management. As mentioned, it has been chosen the basin portion of the Uberabinha River situated in the city of Uberlandia as the area to be studied. As the drainage basin of the Uberabinha River has suffering a strong agricultural occupation in the last decades, and constitutes the water source responsible for the water supplies of the city of Uberlandia., the present assignment propose to analyze the aspects regarding as soil types and its usage and occupation, utilizing procedures of analyses and evaluation that gives an understanding of the infiltration aspects of the water in each unity of the soil regarding its natural coverage and developed cattle raising activities. Such statement is justified as the tendencies of modern agriculture for major productivities is highly high-tech and dependable of agricultural input, as the use of some elements in those production systems produce pollution, characterized by the low concentration of contaminants throughout very extended areas (punctual or diffuse). As the quantity and the state of the conditions that influence on the characteristics of the impacts on a fluvial basin by anthrop actions are innumerable, the adoption of the Geographic Information Systems (GIS) as the main tool is needed. Determinates GIS's software were used (SPRING 5.0.1 and ARCGIS 9.2) with the intention to identify areas vulnerable to the contamination of the superficial and sub superficial water by agricultural defensives, taking in consideration the usage of the soil, data from water infiltration gotten from a research made in situ using the Guelph permeameter, type of soil, declivity and depth of the water table. With that, the results obtained were hydraulic conductivity, the potential infiltration and vulnerability of contamination. It was used the resources available on the software ARCGIS 9.2, more specific the Raster Calculator tool available on the Spatial Analyst extension software, to be able to achieve the desired results on operations like the algebra of maps. The SPRING software was used to process the satellite images from Landsat 5 satellite, to be able to do the mapping of the usage of the soil. The survey of the hydraulic conductivity for types of soils specified, it was important to see the relation that exist between the management of developed cattle raising activities and the percolation of the pluvial water, as been perceptively the difference between the areas that still maintains its natural coverage and the areas that still has the anthrop activities continuing. The potential infiltration map represents an important tool to identify the areas with major risk of erosion, as been the headwater course and the slope of the fluvial valleys with major declivity. The vulnerability map of water contamination represented the areas where the water source presented with major level of probability of being contaminated by residues followed upon yearly harvest, via sub superficial water and superficial water.

Keywords: Drainage Basin, Geographic Information System, Algebra of Maps, Vulnerability of contamination.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

1 – Representação de uma bacia hidrográfica.....	12
2 – Esquema geral das etapas de trabalho, proposto por Neves et al (1998).....	15
3 – Representação esquemática do <i>Pemeâmetro Guelph</i>	23
4 - Gráfico do fator de forma “C” <i>Soil moisture Equipment Corp.</i> (1986).....	25
5 – Coleta de amostra superficial de solo.....	28
6 – Processo de coleta de amostra de solo em cilindro.....	28
7 – Processo de coleta de amostra de solo em cilindro.....	29
8 – Proposta de matrizes de relacionamento.....	33
9 – Amostra da imagem submetida ao processo de Restauração.....	35
10 – Vala de drenagem em campo hidromórfico.....	82
11 – Degradação em APP. Ribeirão Beija Flor.....	84
12 – Pastagem invadindo APP.....	84
13: Retirada de amostra de solo superficial em área de cultura anual.....	96
14: Retirada de amostra de solo superficial em área de reflorestamento.....	97
15: Retirada de amostra de solo superficial em área de mata galeria.....	98
16: Locais de amostragem de solo e ensaios de infiltração na unidade LVa1.....	104
17: Processo erosivo em estrada próximo ao rio Uberabinha.....	107

Lista de Mapas

1 – Localização da Área de Estudo.....	11
2 – Pontos de Coleta de Amostra de Solo e Ensaios de Permeabilidade.....	32
3 – Carta Imagem do Alto Curso da Bacia do Rio Uberabinha, setembro de 2007.....	38
4 – Temperaturas Médias Anuais (1996-2006).....	50
5 – Distribuição das Médias Pluviométricas Anuais (1996-2006).....	53

6 – Bacia do Rio Uberabinha – Geologia.....	58
7 – Bacia do rio Uberabinha – Compartimentos de relevo.....	60
8 – Bacia do rio Uberabinha – Solos.....	72
9 – Bacia do rio Uberabinha – Uso do Solo e Cobertura Vegetal (2007).....	83
10 – Bacia do Rio Uberabinha – Atividade Minerária (2007).....	86
11 – Bacia do Rio Uberabinha - Distribuição Espacial do Nível de Água Freática.....	89
12 – Bacia do rio Uberabinha – Declividade.....	94
13 – Bacia do rio Uberabinha – Distribuição Espacial da Condutividade Hidráulica...	105
14 – Bacia do rio Uberabinha – Potencial de Infiltração de Águas Pluviais.....	109
15 – Bacia do rio Uberabinha – Vulnerabilidade à Contaminação das Águas.....	111

Lista de Gráficos

1 – Precipitação Média Mensal.....	51
2 – Distribuição do uso do solo e cobertura vegetal natural do Alto Curso do Rio Uberabinha, em 1964, 1979, 1994 e 2007.....	81

Lista de Quadros

1 – Classificação da condutividade hidráulica das principais classes brasileiras de solos, em alto nível categórico, em função de determinadas propriedades físicas do solo.....	16
2 – Potencial de infiltração em relação à declividade e condutividade hidráulica do solo.....	17
3 – Potencial de escoamento superficial em relação à declividade e condutividade hidráulica do solo.....	17
4 – Valores de α sugeridos para tipos de solo.....	26
5 – Chave de Fotointerpretação da imagem Landsat 5, bandas 2b3g4r, órbita/ponto 221/073 e 220/073 de Setembro de 2007.....	37
6 – Localização das estações pluviométricas.....	39
7 – Categorias de Profundidade do N.A.....	43

8 – Relação entre tipo de solo, uso do solo, condutividade hidráulica e porosidade.....	102
9 – Áreas vulneráveis à relação ao potencial de infiltração e profundidade do lençol freático.....	110

LISTA DE TABELAS

1 – Minas Gerais: estimativa das temperaturas médias mensais e anuais.....	40
2 – Médias Térmicas Mensais e Anuais – 1996/2006.....	48
3 – Precipitações Médias Mensais e Anuais (mm) – 1996/2006.....	51
4 – Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Alto Curso do Rio Uberabinha, em 1964, 1979, 1994 e 2007.....	81
5 – Processos no DNPM (Bacia do Uberabinha).....	87
6 – Profundidade do N.A. na área da bacia do Rio Uberabinha.....	99
7 – Área Ocupada pelas classes de declividade na bacia do rio Uberabinha.....	90
8 – Área ocupada pelas categorias de Condutividade Hidráulica da bacia do rio Uberabinha.....	92
9 – Área ocupada pelas categorias de Potencial de Infiltração da bacia do rio Uberabinha.....	95
10 – Área ocupada pelas categorias de Vulnerabilidade à Contaminação da bacia do rio Uberabinha.....	106

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1 – Sistemas de Informação Geográfica como ferramentas na gestão de bacias hidrográficas.....	18
2.2 – Análises de Campo e Laboratório.....	22
2.3 – Matrizes de Relacionamento.....	30
2.4 – Mapa de cobertura vegetal natural e uso do solo.....	34
2.5 – Mapa de temperatura e precipitação.....	39
2.6 – Mapa de Declividade.....	41
2.7 – Mapa da Profundidade do Nível de Água.....	42
2.8 – Mapas de Atributos do Meio Físico.....	43
3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	45
3.1 – Clima.....	45
3.2 – Geologia Local.....	54
3.3 – Formas de relevo.....	59
3.4 – Solos.....	71
3.5 – Vegetação.....	75
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1 – Uso do Solo.....	80
4.2 – Nível da Água Freática (N.A.).....	88
4.3 – Declividade.....	92
4.4 – Condutividade Hidráulica.....	95
4.5 – Potencial de Infiltração de Águas Pluviais.....	106
4.6 – Vulnerabilidade à Contaminação das Águas Superficiais e Subsuperficiais.....	110
5 – CONCLUSÃO.....	113
6 – REFERÊNCIAS.....	117
ANEXOS.....	121

1 – INTRODUÇÃO

A água representa um elemento fundamental a todas as formas de vida sobre a Terra, constitui um requisito insubstituível para grande maioria das atividades humanas e ao equilíbrio ambiental.

Em decorrência do crescimento do contingente humano e das atividades econômicas na maioria dos países, a demanda por água tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, ao ponto de gerar escassez desse recurso em algumas partes do mundo.

Atualmente, estima-se que mais de 1 bilhão de pessoas no mundo sofra com a escassez de água e que esta situação tenda a agravar ainda mais (ONU, 2005). Porém, ao analisar este problema de forma global, constata-se que existe disponibilidade de água para atender à demanda de toda a população da Terra. Na realidade, o que existe é a má distribuição espacial e temporal da água que, somado ao problema da concentração populacional em determinados pontos do planeta, faz com que certas regiões sofram permanentemente por falta de água.

A falta de adequação do uso da água em relação à disponibilidade existente em cada região do planeta tem causado crescentes preocupações, visto que as atuais condições de deterioração da qualidade e redução da oferta levam no sentido oposto às demandas decorrentes de atividades de ocupação urbana, rural e industrial.

O Brasil se encontra em uma posição relativamente privilegiada no cenário mundial no que concerne à disponibilidade de recursos hídricos; porém, a maior parte da água doce disponível no país se encontra na região Amazônica, onde se localiza uma parcela pouco expressiva da população, dificultando a sua distribuição.

A situação de escassez hídrica existentes no Brasil é fruto da combinação do crescimento exacerbado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Como consequência desse quadro, o nosso país assiste a um número crescente de conflitos

cada vez mais intensos entre os usuários da água, passando esse recurso a ser visto como escasso o que no passado recente era considerado ilimitado. Durante muitos anos, essa idéia de abundância serviu de suporte para a cultura do desperdício, com pouca valorização da água como recurso natural e assim, adiar investimentos que visassem à otimização do seu uso.

Em razão da escassez de água já identificada em algumas regiões do país, dos problemas causados pela falta de um sistema adequado à gestão de recursos hídricos, o setor vem ganhando atenção e interesse da sociedade brasileira, que pode ser claramente evidenciado pelo crescente número de estudos na área e pela elaboração de leis específicas para a sua gestão. Em todas elas a água passa a ser tratada como um recurso natural escasso e finito, sendo-lhe atribuído um valor econômico. Dentre as cartas legais pode-se citar a criação da Lei 9.433 de 07 de Janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e a Lei 9.984 de 17 de Julho de 2000 que cria a Agência Nacional Águas (ANA). O órgão federal tem como função a implementação da referida política e a coordenação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Devido à necessidade de encontrar uma forma eficaz de gerenciamento dos recursos hídricos, a bacia hidrográfica vem sendo proposta como uma unidade básica para o seu planejamento e gestão. A mesma, que tem a sua definição a partir dos seus limites topográficos, reúne a maioria das relações de causa e efeito nos processos dinâmicos a serem tratados na gestão devido ao seu caráter integrador. Apesar de existirem unidades político-administrativas, como municípios, Estados, regiões e países, estes não apresentam a mesma possibilidade de integração como a bacia hidrográfica.

Como explica Lanna (1995), o Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (GBH) é o instrumento que orienta o poder público e a sociedade no longo prazo, na utilização e no monitoramento dos recursos ambientais – naturais e econômicos, de forma a promover o desenvolvimento sustentável.

As bacias hidrográficas têm a característica de poderem ser abordadas em várias unidades: bacias do baixo, médio e alto curso do rio principal, sem perder a diversidade de informações sócio-ambientais da bacia como um todo. Desta forma, entende-se que o gerenciamento de bacia hidrográfica representa um poderoso instrumento de planejamento, intervenções e manejo.

No entanto, atualmente existem dificuldades no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, principalmente de natureza institucional em decorrência das contradições entre os vários órgãos que administram os recursos ambientais, inclusive a água.

Para que a Gestão de Bacias Hidrográficas venha realmente a se tornar um poderoso instrumento de planejamento, é necessária a mudança do comportamento da sociedade e do setor público, com vistas à integração participativa por meio de mecanismos devidamente institucionalizados. A participação direta dos diversos segmentos da sociedade nas decisões promove a descentralização dos mesmos, a exemplo do que está sendo feito nos Comitês de Bacias Hidrográficas, onde participam os representantes de entidades públicas e privadas, de associações comunitárias e usuários independentes, que estejam interessados na gestão de uma bacia hidrográfica.

Visto que a bacia hidrográfica do Rio Uberabinha vem sofrendo uma forte ocupação agrícola nas últimas décadas e constitui o sistema de mananciais responsáveis pelo abastecimento urbano de água de Uberlândia, o presente trabalho propõe analisar os aspectos referentes aos tipos de solo e seu respectivo uso e ocupação na bacia (à montante da área urbana de Uberlândia/MG), fazendo uso de procedimentos, de análise e de avaliações que permitam compreender o comportamento da infiltração da água em cada unidade de solo em virtude da sua cobertura vegetal e atividade agropecuária desenvolvida. Para isso, foi empregado um equipamento de fácil manuseio no campo, o *Permeâmetro Guelph*, e a partir das análises dos resultados obtidos com os ensaios de infiltração “*in situ*” e do mapa de uso e

ocupação do solo da bacia do alto curso do Rio Uberabinha, elaborar-se-á um mapa contendo informações relativas à condutividade hidráulica dos solos da referida área, que por meio da relação com o mapa de declividade do terreno, dará origem ao mapa de potencial de infiltração de águas pluviais. Este, por sua vez, será relacionado com o mapa de profundidade do lençol freático, resultando assim nas áreas em que o mesmo se encontra vulnerável à contaminação.

O rio Uberabinha, cujas nascentes estão localizadas no norte do município de Uberaba, atravessa o município de Uberlândia no sentido sudeste-noroeste numa extensão de cerca de 140 km. A bacia do alto e médio curso do rio Uberabinha forma um sistema de mananciais, à montante da cidade de Uberlândia, responsável pelo suprimento de água para uma população que ultrapassa o número de 600 mil habitantes (IBGE, 1997). Segundo Schneider (1996), o rio Uberabinha possui um potencial hídrico suficiente para suprir a demanda por água de uma população de até 1 milhão de habitantes.

A região do Cerrado brasileiro, na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha (Mapa 1), foi considerada por muito tempo como imprópria à agricultura, devido à baixa fertilidade e à elevada acidez dos seus solos. Por essa razão, até a década de 1960 a principal atividade econômica era a pecuária extensiva associada a áreas de cerrado relativamente preservadas. Na década de 1970, a pecuária perde extensas áreas para a silvicultura, destinadas ao plantio de pinus e eucaliptos.

Porém, com a evolução das tecnologias voltadas à agricultura, a acidez e a baixa fertilidade dos solos das regiões de cerrado deixaram de ser obstáculos para a sua ocupação por culturas anuais, sobretudo a de grãos. As extensas superfícies das chapadas favoreceram o uso de máquinas agrícolas modernas e de grande porte. Outra característica marcante da área estudada é a presença de um sistema hídrico superficial perene, o que tornou possível a implantação de culturas irrigadas.

E neste contexto, a partir da década de 1970, a bacia hidrográfica do rio Uberabinha, sobretudo sua porção de alto e médio curso, passa a sofrer uma rápida transformação como resultado da ocupação agrícola. Nas últimas décadas, os reflorestamentos cedem espaço para a agricultura moderna focada na produção de grãos.

A partir da década de 1960, segundo Schneider (1996), o Cerrado brasileiro, onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Uberabinha, passou a ser alvo de ações governamentais voltadas para a modernização da agricultura na referida região. Portanto, vários programas e planos governamentais foram implantados, passando a atividade agrícola a ocupar um lugar de destaque face ao quadro econômico no qual o país se encontrava no momento.

[...] refletindo a crença de que a superação do atraso econômico estaria no desenvolvimento equilibrado entre agricultura e a indústria. Nesse contexto começaram a surgir políticas no sentido de prover suporte à iniciativa privada na ocupação das regiões centrais do país, ou seja, das áreas de Cerrado.

Recursos vultosos aí empregados e o discurso oficial pregando a melhoria dos níveis de produção, de emprego, de renda e das condições de vida no campo e nas cidades, resultaram, do ponto de vista sócio-econômico, no aprofundamento das relações capitalistas na lavoura, na aproximação da atividade agrícola com a industrial e na manutenção da grande propriedade rural. O uso de trabalho assalariado, a produção para o mercado e a constituição de empresas rurais, que nada têm a ver com as antigas propriedades rurais familiares, são características da moderna agricultura (SCHNEIDER, 1996, p.64).

A estrutura fundiária era apontada como a responsável pela baixa produtividade da agricultura brasileira, e juntamente com os processos tradicionais e as técnicas de uso da terra passaram a ser vistos como os causadores do atraso do país, na ótica do governo militar. Dessa forma, a política agrícola do governo militar veio ao encontro das necessidades de criar mecanismos para modernizar o latifúndio com vistas a superar as contradições entre a baixa produtividade agrícola e o discurso oficial desenvolvimentista (SCHNEIDER, 1999).

Como afirma Schneider (1996), os processos de modernização do campo se caracterizaram também pela incorporação de técnicas de correção da fertilidade dos solos, através do uso de calcários e de adubos químicos, controle de pragas, mecanização de todo o processo produtivo. A expansão das áreas voltadas à agricultura, o aumento da produção e da

produtividade do Cerrado, trouxeram significativas transformações sócio-econômicas e ambientais.

Entre os programas oficiais que contribuíram efetivamente para mudar a feição agrícola do Cerrado, destaca-se o POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados, criado pelo Decreto-Lei número 75.320 de 29/01/1975 do Governo Federal. Seu objetivo declarado era o de incentivar e apoiar a “ocupação racional” das áreas de cerrados da Região Centro-Oeste brasileira, nos Estados de Minas Gerais, Mato-Grosso e Mato-Grosso do Sul, com a incorporação ao processo produtivo agropecuário de 3,7 milhões de hectares, dos quais 1,8 milhão com lavouras, 1,2 milhão com pecuária e 0,7 milhão com reflorestamentos (FERREIRA, 1985 apud SCHNEIDER, 1996, p.67).

Schneider (1988) considera o POLOCENTRO como a maior e mais vultosa das ações do governo brasileiro para a incorporação das áreas de Cerrado ao processo produtivo e sua integração efetiva no mercado nacional e internacional. As atuações do POLOCENTRO e dos demais programas estaduais na região do Triângulo Mineiro, resultaram numa sensível modificação na área da bacia hidrográfica do rio Uberabinha.

A estrutura fundiária dos municípios de Uberlândia e Uberaba, onde se localiza a bacia do rio Uberabinha, é marcada pela grande propriedade rural, e as áreas das chapadas do Uberabinha, desde muito tempo considerado como área de terras inférteis, foi ocupada principalmente para a pecuária extensiva até o final da década de 1960.

O processo de trabalho rural mostrava-se fortemente associado ao ambiente natural (SCHNEIDER, 1996). A pecuária dependia fortemente das gramíneas nativas presentes na área, sendo que os produtos agrícolas eram cultivados em pequenas glebas de terra, na maioria das vezes destinados para a subsistência e com uso de instrumentos de trabalho rudimentares de tração animal.

Schneider (1997) afirma que as condições propiciadas pelo relevo, pela fertilidade natural dos solos, pela cobertura vegetal nativa e a distribuição das chuvas desempenhavam o mais alto grau de influência nesse modelo tradicional agrícola, restringindo e/ou favorecendo as atividades produtivas. Segundo a mesma autora, o modelo tradicional era um sistema de

produção altamente equilibrado do ponto de vista ambiental, onde as diversas espécies vegetais e animais tinham entre si, relações harmônicas e de complementaridade.

A organização social da produção, no modelo tradicional, obedecia a uma lógica determinada pelo conhecimento dos recursos naturais e pelas possibilidades concretas de utilização dos mesmos. Assim, possuía uma dimensão espaço-tempo na qual a produção agrícola não destruía os recursos naturais, ou seja, os desgastes provocados por sua utilização não atingiam o limite para sua recomposição. Não existia, nesse processo de trabalho, a produção de resíduos tóxicos que ultrapassassem os limites da escala local e pontual (SCHNEIDER, 1997, p.71).

Em meados da década de 1960, o governo brasileiro criou vários instrumentos de políticas públicas que passaram a favorecer o cultivo de florestas homogêneas com o apoio de créditos fiscais, visando o desenvolvimento e a modernização da ocupação agrícola do solo na região do cerrado. Já no início dos anos 1970, a área da bacia passou por uma importante redefinição no uso de suas terras

Schneider (1996) faz considerações sobre os mecanismos legais criados pelo governo federal na época (como a Política Nacional de Incentivo ao Cultivo de Florestas Homogêneas), permitindo a derrubada de florestas nativas com o objetivo de incentivar o uso de ocupação do solo por plantações de florestas homogêneas. Este ato atraiu várias empresas reflorestadoras, visto os grandes incentivos fiscais resultantes, iniciando o processo de criação de extensas plantações homogêneas e contínuas de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* nos chapadões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Além dos incentivos fiscais, o baixo valor imobiliário das terras das chapadas do rio Uberabinha também serviu como atrações para empresas reflorestadoras. Em depoimentos colhidos por Schneider (1996), propriedades da área chegaram a ser adquiridas apenas pelo valor dos impostos atrasados devidos ao INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) pelos antigos proprietários, os quais se dedicavam à pecuária extensiva de baixa produtividade.

[...] Assim, o eucalipto entrou de forma expressiva na bacia do Uberabinha, não com vistas à produção, mas como forma de se usufruir de facilidades financeiras colocadas pelo governo federal, à disposição do empresariado, favorecendo a incorporação de extensas propriedades rurais por várias empresas de atividades urbanas (comerciais e financeiras). No mapeamento referente ao ano de 1979 [...], as plantações de eucalipto correspondiam a 20,3% da área estudada, num total aproximado de 261,2 Km².

O plantio de Pinus, realizado apenas pelas empresas Pinusplan Reflorestadora Ltda. E Florestadora Perdizes Ltda, ocorreu no início da década de 70, num empreendimento voltado para a produção de celulose. O projeto de instalação de uma fábrica de celulose a partir da polpa de fibras longas do Pinus nunca se concretizou, mas os plantadores dos 94,4 Km² [...] certamente se beneficiaram dos incentivos fiscais (SCHNEIDER, 1997, p.76).

Schneider (1996) aponta o fim dos incentivos fiscais e a falta de um mercado consumidor de madeira próximo como os fatores que levaram à paralisação seguida de uma expressiva diminuição espacial da atividade florestal na região, e consequentemente na bacia hidrográfica do rio Uberabinha.

Ainda na década de 1970, o processo de modernização da agricultura brasileira passa a atingir definitivamente as terras da chapada da bacia do Uberabinha. A topografia extremamente plana facilitou muito o emprego de máquinas e técnicas agrícolas modernas. O calcáreo, antes trazido de longe, passou a ser explorado nas bordas da própria chapada, em jazidas existentes de calcáreo calcítico junto à BR050, entre Uberlândia e Uberaba (SCHNEIDER, 1996).

A ação política governamental que objetivava impulsionar os produtos de exportação para a criação de divisas para o país, motivou o cultivo da soja na região mediante contratos de financiamento, e o produtor se via favorecido pelo mercado acessível e pela alta lucrativa da atividade. Porém, as facilidades oferecidas pelo POLOCENTRO foram as maiores responsáveis pela vinda dos novos sojicultores.

O cultivo da soja trouxe a incorporação de técnicas modernas de cultivo, entre elas a mecanização, a correção das condições químicas do solo, o emprego de sementes selecionadas e o uso intenso de agrotóxicos.

Mesmo com todos esses fatores, até o final da década de 1970, a maioria dos agricultores locais ainda permanecia presa à pecuária tradicional. Apenas na década de 1980 a expansão do cultivo de soja na bacia do Uberabinha se intensificou.

Com o avanço da fronteira agrícola, principalmente os produtores da Região Sul foram atraídos para a chapada do rio Uberabinha em busca de maiores extensões de terra para a implementação da mecanização agrícola. Entrou então em vigor o sistema de arrendamento de terras, que segundo Schneider (1996), indica a chegada definitiva da modernização agrícola na região do Triângulo Mineiro.

É ainda válido ressaltar que grande parte das plantações de eucalipto, introduzidas na década de 1970, já completou o seu ciclo de produtividade e estão em pleno processo de erradicação (SCHNEIDER, 1996). As empresas reflorestadoras estão agora vendendo as suas terras por um valor muito maior do que as compraram, ou se transformando em produtoras de grãos.

A ocupação agrícola, enquanto agricultura extensiva e tradicional implica na necessidade de utilização de equipamentos pesados como tratores e colheitadeiras de grande porte, o que causa problemas como a compactação dos solos. Esta forma de uso do solo, via de regra, pode interferir acentuadamente nas condições naturais de infiltração e de armazenamento de águas oriundas de precipitações nas zonas saturadas subsuperficiais (freática) e profundas. Desse modo, a ocupação da bacia do Rio Uberabinha poderia influenciar na quantidade de água a ser infiltrada através do solo e, como consequência, poderia determinar a redução da vazão do rio Uberabinha em razão da menor quantidade de água armazenada no sistema subterrâneo que o alimenta (escoamento de base).

Por essa razão escolheu-se como área de estudo a porção da bacia do rio Uberabinha situada à montante da cidade de Uberlândia, com aproximadamente 1280 Km², localizada entre as coordenadas 18°58'48'' e 19°22'12'' de latitude Sul; 47°50'24'' e 48°18'36'' de longitude Oeste (Mapa 1). O estudo foi realizado utilizando-se como ferramenta determinados Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que atualmente tornaram-se uma importante ferramenta de pesquisa, podendo ser utilizados em várias áreas do conhecimento. A bacia hidrográfica não foge desse contexto, sendo os SIG's capazes de efetuarem de forma precisa e rápida, análises espaciais de dados georreferenciados, como suporte ao planejamento de manejo e conservação de solos e água.

O trabalho foi estruturado em seis partes, iniciando pela Introdução, onde foi feita uma abordagem geral sobre a área de estudo e o método utilizado. Em seguida, elaborou-se o item Materiais e Métodos, passando para a Caracterização da Área de Estudo. No item quatro foram abordados os resultados e discussão, com análise dos mapas confeccionados. Por último, a Conclusão, as Referências e os Anexos. Este último contém as planilhas utilizadas em campo e laboratório durante a realização do trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema conectado de canais de drenagem. A sua formação se dá através de desníveis do terreno que orientam os cursos d'água, sempre das áreas mais altas para as áreas mais baixas. Considerada como um sistema hidrológico, a mesma tem sido utilizada para estudos dos processos que compõem o ciclo da água.

A área de uma bacia hidrográfica é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias contíguas. É considerada como um sistema aberto onde ocorre a entrada, ou seja, água proveniente de precipitações, e a saída, ou o volume de água escoado pela rede de drenagem fluvial para uma saída comum, podendo ser este um rio de hierarquia superior, lago ou oceano (Figura 1).

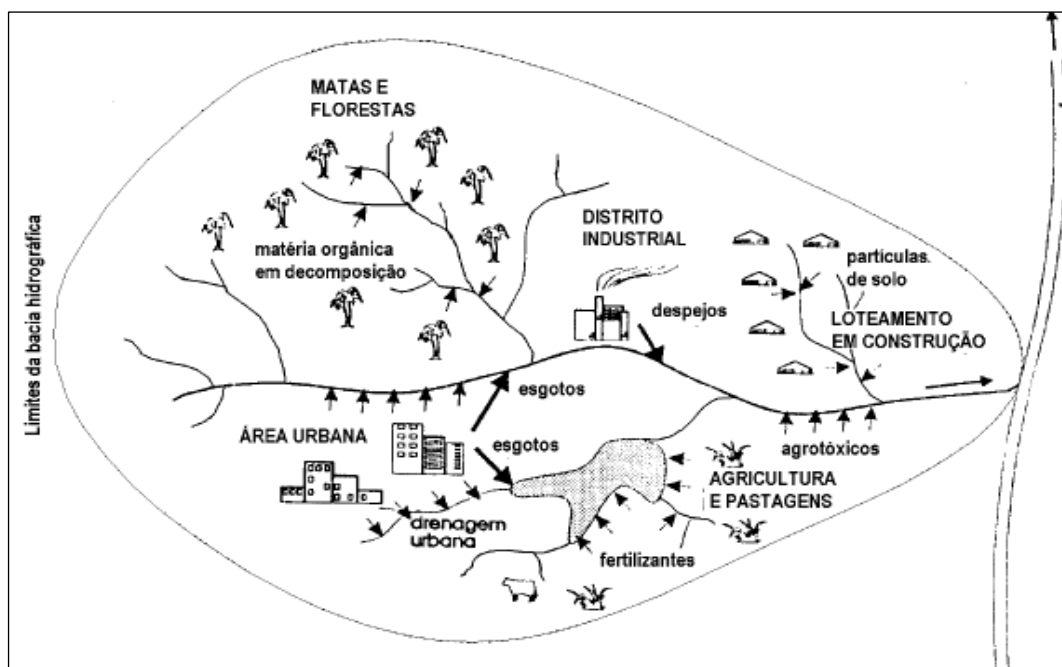


Figura 1 – Bacia hidrográfica e a dimensão ambiental.

Fonte: www.ana.br, 2008.

De acordo com Neves et al (1998), vários conjuntos de procedimentos para avaliação de impactos ambientais estão disponíveis na literatura, sendo marcantes as suas diferenças

quanto aos fatores levados em consideração nas análises e seus diferentes níveis de complexidade. Levitan et al (1995) apud Neves et al (1998), compararam diferentes métodos para avaliação de impactos ambientais causados por agroquímicos em bacias hidrográficas.

Como explica Schneider (1996), entre os efeitos do processo de modernização agrícola sobre os recursos hídricos, está o processo de contaminação química decorrente do uso intensivo de agrotóxicos. No caso específico da bacia do Rio Uberabinha, tais elementos passaram a ser utilizados de forma mais intensa a partir da década de 1970. Em estudo realizado na área, a mesma autora destaca que ocorre a presença de resíduos organoclorados no sistema da bacia hidrográfica, tanto a nível pedológico como nos recursos hídricos.

Os organofosforados e carbamatos, amplamente utilizados nas culturas de soja e milho, no sistema de produção que vem se expandindo desde a década de 80, são mais difíceis de detecção em laboratório devido à rapidez com que se degradam no contato com o ar e luz. Embora sua permanência no meio físico seja curta, é sabido que seu grau de toxicidade é elevado. Esta observação adquire especial importância quando consideramos que, [...] as áreas hoje ocupadas por culturas anuais (soja, milho e eventualmente arroz), são muito extensas e por isso, não raro, são pulverizadas por avião. Este fato é agravado pela inexistência de matas ciliares protegendo os cursos d'água na área da chapada e pela diminuição dos campos úmidos que cercam as nascentes e os córregos [...] (SCHNEIDER, 1996, p.84).

Schneider (1996) detectou a presença de resíduos de agrotóxicos do grupo dos organoclorados em amostras de solo e de água da bacia, utilizados nos reflorestamentos que ocupam atualmente aproximadamente 10% do total da área de estudo, porém em 1979 chegaram a ocupar 30%. Esta categoria de uso ocupava extensas áreas contínuas com florestas homogêneas de *Pinus* e *Eucalyptus*. A autora destaca que apesar de o comportamento dessas substâncias tóxicas no ambiente serem pouco conhecido, a literatura demonstra que seus resíduos permanecem adsorvidos às moléculas de argila e à matéria orgânica dos solos, onde podem permanecer ativos durante longos períodos de tempo.

A partir da evolução dos SIG's, vários trabalhos de integração com modelos ambientais vêm sendo propostos como alternativas baseadas em sua utilização com modelos empíricos, correlacionando com fatores espaciais relevantes (HAAN et al, 1993;

MAIDMENT, 1993; TIM e JOLLY, 1994; JANKOWSKI e HADDOCK, 1996 apud NEVES et al, 1998). Tal modelo vem sendo desenvolvido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – CNPMA, como ferramenta de auxílio na avaliação de impactos ambientais provocados por agroquímicos (NEVES et al, 1998).

A idéia básica do método é utilizar as informações ambientais para a determinação do comportamento da água em toda a área estudada. Segundo Neves et al (1998), a importância atribuída à água se deve ao fato dela ser o principal veículo de transporte dos agroquímicos no meio ambiente. Devido à dificuldade de se obter certos tipos de dados no país, tal método utiliza como fonte informações de entrada de fácil aquisição.

[...] A área de estudo é dividida em pequenas células e para cada célula é estabelecido um potencial de infiltração e escoamento superficial. Estes potenciais são determinados a partir de uma matriz de relacionamento lógico envolvendo informações de solo, como condutividade hidráulica, por exemplo, e declividade do terreno. Para cada célula da área também são verificados os produtos aplicados e a oferta de água (NEVES et al, 1998, p.242).

O passo inicial consiste na determinação do compartimento ambiental a ser analisado, como água superficial, subsuperficial ou solo, visto que as relações entre os fatores variam de acordo com o compartimento a ser analisado (Figura 2).

O método empregado pelos autores em questão considera as variáveis textura, estrutura, estabilidade de agregados e profundidade do solo, para que seja determinada a condutividade hidráulica de forma qualitativa. A partir da combinação das variáveis mencionadas resultam em três grupos de condutividade hidráulica: baixa, média e alta. Esta classificação é descrita com detalhes por Gomes et al (1996).

Como esclarece Gomes et al (1996), o método adotado, adaptado de Kramer (1969), preconiza a influência de algumas propriedades físicas do solo nos potenciais de infiltração e escoamento superficial da água, tais como textura, estrutura, estabilidade de agregados e profundidade do *solum* (horizonte A+B), as quais permitem, em conjunto, a estimativa da

condutividade hidráulica, aqui classificada em alta (12,5 a 25 cm/h); média (2,5 a 12,5 cm/h) e baixa (0,25 a 2,5 cm/h) o quadro 1.

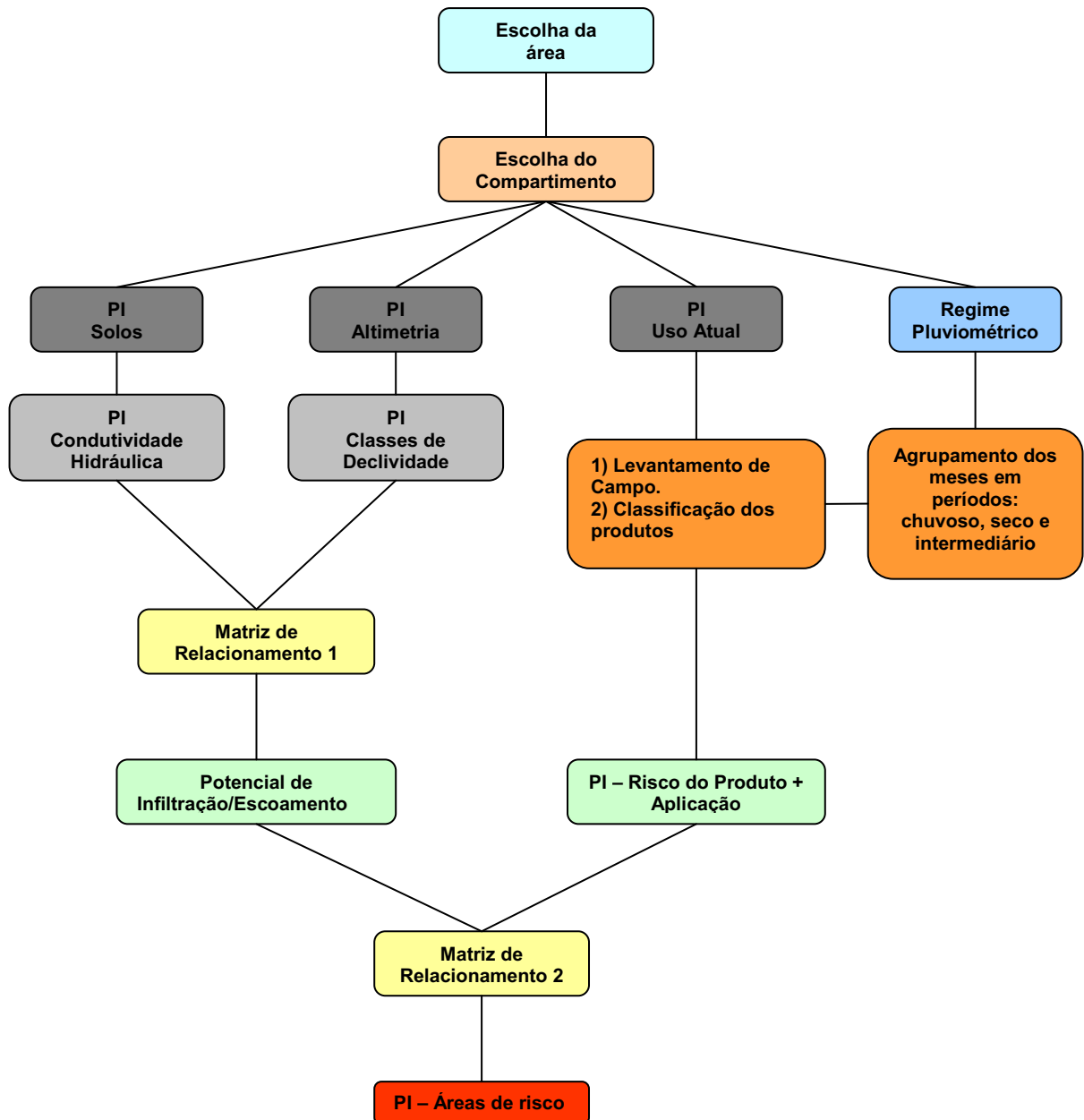


Figura 2 – Esquema geral das etapas de trabalho proposto por Neves et al (1998).
Fonte: NEVES et al., 2008.

A classificação de condutividade hidráulica apresentada no Quadro 1 obedece também a um tratamento estatístico para a validação do método que leva em consideração as variáveis textura, estrutura, estabilidade de agregados e profundidade do solo, sendo atribuídos valores numéricos para os níveis de cada variável, por exemplo: textura argilosa=2,0; areno-

argilosa=1,0 e arenosa=0. Com os dados definidos numericamente, é então realizada uma análise fatorial discriminante (JUDEZ, 1988 apud GOMES et al, 1996) para verificar se o parâmetro condutividade hidráulica poderia ser obtido apenas com as quatro variáveis citadas. O método então propõe as classes alta, média e baixa de condutividade hidráulica para cada classe de solo conforme a sua proximidade ao centro de cada nível.

Quadro 1 – Classificação da condutividade hidráulica das principais classes brasileiras de solos, em alto nível categórico, em função de determinadas propriedades físicas do solo

Classe de Solo	Textura Dominante	Estrutura Dominante	Estabilidade de Agregados	Profundidade (Horiz. A+B)	Condutividade Hidráulica
Latossolo Roxo	Argilosa	Blocos Angulares a sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
Latossolo Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-Arenosa Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
Latossolo Vermelho Amarelo	Argilosa	Granular Blocos sub-angulares	Pouco estável Estável	Profundo Profundo	Média Alta
	Argilo-Arenosa Arenosa	Granular	Pouco Estável	Profundo	Média
Latossolo Amarelo*	Argilosa	Granular Blocos sub-angulares	Instável Estável	Profundo Profundo	Média Média*
	Argilo-Arenosa Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
		Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média*
Terra Roxa Estruturada	Argilosa	Blocos angulares	Estável	Profundo	Alta
Podzólico Vermelho Escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
	Argilo-Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Vermelho Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamente Profundo	Média
Podzólico Amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Relativamen-te Profundo	Média

* O Latossolo Amarelo apresenta problemas de permeabilidade restrita e infiltração um tanto lenta, devidas sobretudo ao adensamento que existe no horizonte AB e/ou BA (OLIVEIRA et al, 1992 apud GOMES et al. 1996), constituindo-se em uma “exceção” no método de classificação descrito.

Fonte: GOMES et al, 1996.

Os valores de declividade do terreno são agrupados também em três classes, sendo elas baixa, suave e alta. Tais classes contêm respectivamente, declividades menores do que 3%, de 3 a 8% e acima de 8%. Faz-se então uma relação matricial entre as classes de declividade e condutividade hidráulica, a qual resulta em uma classificação genérica dos

potenciais de infiltração e de escoamento superficial de água no solo (Quadros 2 e 3). Os resultados demonstram que os potenciais de infiltração e de escoamento superficial de água no solo mantêm relação inversa entre si (GOMES et al, 1996).

Quadro 2 – Potencial de infiltração em relação à declividade e condutividade hidráulica do solo

Declividade/ Condutividade	Baixa (<3%)	Suave (de 3 a 8%)	Acentuado (de 8 até 20%)
Baixa	Médio	Baixo	Baixo
Média	Alto	Médio	Baixo
Alta	Alto	Alto	Médio

Fonte: adaptado de GOMES et al, 1996.

Quadro 3 – Potencial de escoamento superficial em relação à declividade e condutividade hidráulica do solo

Declividade/ Condutividade	Baixa (<3%)	Suave (de 3 a 8%)	Acentuado (de 8 até 20%)
Baixa	Médio	Alto	Alto
Média	Baixo	Médio	Alto
Alta	Baixo	Baixo	Médio

Fonte: adaptado de GOMES et al, 1996.

Observando os quadros 2 e 3, nota-se a definição de um potencial médio, tanto para a infiltração quanto para o escoamento, quando se trata da relação dos seguintes valores: subsuperficial é iminente, com possibilidades de chegada de produtos contaminantes até um lençol subterrâneo.

No caso do potencial de escoamento superficial classificado como alto, há indícios do risco de erosão e perda de fertilidade do compartimento solo, além do transporte de contaminantes até os mananciais (GOMES et al, 1996).

2.1 Sistemas de Informação Geográfica como ferramentas na gestão de bacias hidrográficas

O termo Geoprocessamento, segundo Brito (2001), pode ser aplicado às áreas que fazem uso da Cartografia Digital, Processamento Digital de Imagens e Sistemas de Informação Geográfica. O autor ainda destaca que, embora essas atividades sejam diferentes, as mesmas estão intimamente inter-relacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de *hardware*, porém com uso de *softwares* distintos.

Rosa e Brito (1996) definem os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como um sistema destinado à aquisição, ao armazenamento, à manipulação, à análise e à apresentação de dados referidos espacialmente na superfície da Terra. Afirmam ainda que o SIG é uma particularidade do Sistema de Informação, em sentido amplo.

[...] Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

O objetivo geral de um sistema de informação geográfica é, portanto, servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando: integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região, permitir a entrada de dados de diversas formas, combinar dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações; gerar relatórios e documentos gráficos de diversos tipos (ROSA, BRITO, 1996, p.8).

Teixeira et al (1992) definem o SIG como sistemas constituídos por uma série de programas e processos de análises, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Outra característica implícita neste tipo de sistema é o seu potencial relativo à padronização e junção de dados provenientes das mais variadas fontes, o que se faz necessário na análise multidisciplinar e sistêmica dos impactos ambientais (SINAY; LIMA JR., 1997).

Com base nas caracterizações apresentadas, constata-se que o SIG tornou-se uma importante ferramenta de pesquisa com aplicação em várias áreas do conhecimento, podendo ser utilizado para apenas uma simples divisão territorial até grandes projetos de

gerenciamento de dados de várias naturezas. Sinay e Lima Jr. (1997) afirmam que os SIGs são projetados essencialmente para a manipulação de dados espaciais, que é o componente central destes sistemas. Todo e qualquer dado considerado como espacial pode ser mapeado, ou seja, toda informação espacial deve estar ligada a um objeto específico em um mapa e a localização do objeto neste mapa deve ser referenciada na superfície terrestre.

Santos (2000) considera que os SIG's são instrumentos capazes de solucionar problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informações, decorrentes principalmente do crescimento econômico, da dinâmica social e da adoção de novas formas de manejo ambiental. Estas características fazem do SIG uma ferramenta cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas.

Existem inúmeras funcionalidades que podem ser executadas em um SIG, como a entrada, a atualização e a conversão, o armazenamento, a manipulação e a organização de dados. A apresentação dos resultados pode ser feita através da confecção de mapas, de relatórios ou de tabelas, contendo dados originais e/ou já processados. Além disso, ainda existem as técnicas de análise espacial e não-espacial.

Estas técnicas diferenciam-se pelo tipo de ferramenta analítica requerida. A análise não-espacial só requer um sistema de gerenciamento de banco de dados e um pacote estatístico, enquanto as espaciais, usualmente requerem um SIG completo.

Brito (2001) utilizou o geoprocessamento para o estudo da adequação das potencialidades do uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, situada nos municípios de Uberlândia e Uberaba (MG). Realizou funções de manipulação e de análise espacial para a geração de mapas-síntese de fragilidade potencial emergente, capacidade de uso da terra e de uso da terra recomendado.

Assad et al (1998) realizaram estudos acerca da utilização dos Sistemas de Informação Geográfica no contexto da microbacia hidrográfica. Foi possível observar, após a realização dos mesmos, o grande potencial de SIG na interpretação dos dados geocodificados. Portanto, os planejamentos de manejo e de conservação de solos e água de uma microbacia hidrográfica, de uma outra área de estudo com dimensões maiores ou menores, bem como qualquer atividade que envolva análise de dados espaciais georreferenciados, podem ser efetuados de forma mais precisa e rápida com o uso de SIG's.

O planejador é livre para estabelecer critérios de agrupamento de classes, e em seguida, para toda a área de estudo, definir formas de manejo junto aos produtores locais, ou mesmo estabelecer os melhores modelos de manejo em função das classes de meio físico que ocorram em cada propriedade (ASSAD et al, 1998).

Como afirma Assad et al (1998) é necessário ressaltar que o esforço de armazenamento de dados ambientais da microbacia no sistema de SIG deve ter prosseguimento. Dados multiespectrais e multitemporais obtidos por sistemas sensores, como os satélites, devem ser armazenados no sistema a fim de permitir um futuro monitoramento da microbacia. Não menos importante é o armazenamento de informações como fertilidade dos solos, susceptibilidade à erosão e dados socioeconômicos. Os mesmos são necessários para o fornecimento de melhores subsídios para o planejamento e monitoramento de uso e conservação dos recursos naturais da microbacia.

De acordo com Neves et al (1998), as tendências da agricultura moderna voltada para grandes produtividades, é altamente tecnificada e dependente de insumos agrícolas, sendo que o uso de tais elementos nestes sistemas de produção gera uma espécie de poluição, caracterizada pela baixa concentração de contaminantes ao longo de áreas muito extensas. Este tipo de poluição é classificada como difusa ou não pontual. No decorrer dos últimos anos, a preocupação tem se tornado crescente no que tange aos impactos que esta produção

pode causar ao ambiente e principalmente nos mananciais de água superficial e subterrânea. Com base nesse aspecto, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de estabelecer a relação entre a degradação do meio ambiente e os sistemas produtivos agrícolas.

Os impactos que os agroquímicos podem causar resultam das interações entre as suas propriedades inerentes de aplicações, as particularidades do local, as condições climáticas e ainda o sistema de produção em que são aplicados. A consideração conjunta destas condições altamente variáveis dificulta a análise e a previsão dos efeitos ambientais.

A quantidade e a natureza das condições, que variam no tempo espaço, indicam que a utilização de Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta básica pode auxiliar na análise dos impactos ambientais provocados pelos agroquímicos (NEVES et al,1998, p.241).

Portanto, como a quantidade e a natureza das condições que influenciam nas características dos impactos causados ao meio ambiente pela ação antrópica são inúmeras, a adoção de um Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para auxiliar nas análises se faz necessária.

No presente estudo foram utilizados recursos disponíveis no *software* ArcGis 9.2, mais especificamente a ferramenta *Raster Calculator* disponível na extensão *Spatial Analyst*. Dessa forma foi possível realizar operações de *álgebra de mapas* para se alcançar os resultados desejados. De acordo com Barbosa (1998), o termo álgebra de mapas foi introduzido por Tomlin (1990) para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento para produzir novos dados, com uso de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Os mapas são tratados como variáveis individuais, sendo que as funções definidas sobre essas variáveis são aplicadas de forma homogênea em todos os mapas.

Tal procedimento se justifica pelo fato de que muitas das tarefas envolvidas em mapeamentos são trabalhosas e repetitivas, e para este fim, os SIG's incluem uma linguagem de manipulação de dados espaciais a qual permite definir procedimentos complexos de integração de dados (BARBOSA, 1998).

Como afirma Barbosa (1998), a álgebra de mapas compõe uma linguagem especializada para realizar operações que possuem sentido tanto matemático quanto cartográfico e espacial, que podem dividir-se em três grandes classes:

- **Pontuais:** resultam em mapas nos quais os valores são função apenas dos valores dos mapas de entrada em cada localização correspondente. Podem operar apenas sobre um mapa (Modelo Numérico do Terreno - MNT) ou envolver vários conjuntos espaciais (operações *Booleanas* entre mapas temáticos).
- **Vizinhança:** são produzidos mapas com valores dependentes da vizinhança da localização considerada. Ex.: cálculo de declividade de um MNT.
- **Zonais:** são definidas sobre regiões específicas de um mapa de entrada em conjunto com restrições fornecidas por outro mapa.

Como exemplo das operações zonais, pode-se mencionar os mapas obtidos a partir da matriz de relacionamento proposta por Neves et al., 1998.

2.2 - Análises de Campo e Laboratório

Ensaio de Permeabilidade

O *Permeâmetro Guelph* (Figura 3), segundo Soto (1996), foi desenvolvido por Reynolds e Elrick, em 1983, posteriormente aperfeiçoado em 1985, na *University of Guelph*, Canadá.

O fácil uso do permeâmetro e o método padronizado para determinar a condutividade hidráulica são apropriados para aplicações que envolvem vários projetos e estudos, como sistemas de irrigação, sistemas de drenagem, canais, reservatórios, aterros sanitários, armazenagem de lixos tóxicos e perigosos, sistemas de reservatórios sépticos, estudos de solos e hidrológicos em geral.

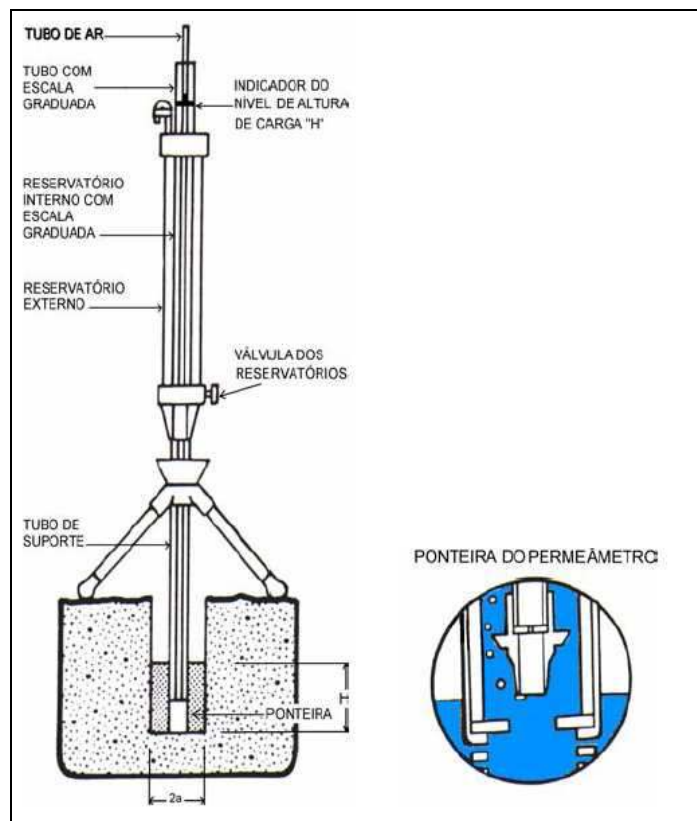


Figura 3 – Representação esquemática do *Permeâmetro Guelph*.

Fonte: SOTO, 1999.

O referido equipamento consiste em um permeâmetro de carga constante que trabalha sob o princípio do tubo de Mariotte, e que permite determinar inicialmente a condutividade hidráulica saturada, o potencial matricial de fluxo, e a sorção do solo no campo.

O permeâmetro Guelph, mostrado na Figura 3, é constituído das seguintes partes:

- Tubo de ar;
- Indicador do nível de água (altura H) a ser mantido no furo de sondagem;

- Tubo com escala graduada para o nível da água no furo de sondagem;
- Reservatório interno com escala graduada;
- Reservatório externo;
- Tubo de suporte;
- Válvula do reservatório;
- Ponteira do permeâmetro.

Os tubos de ar e interno estão conectados entre si para conduzir água desde os reservatórios até o furo de sondagem. Este sistema está constituído para manter uma altura constante de água H no furo de sondagem através do sistema do tubo de Mariotte. O reservatório em conjunto (interno e externo), consta de um sistema de depósito de água e de medição da vazão do fluxo da água. A ponteira do permeâmetro serve como um dissipador de energia da saída de água, controladas por saídas nervuradas, que evitam também a erosão do solo no furo de sondagem (SOTO, 1999).

Os valores de infiltração são interpretados de acordo com o método teórico desenvolvido por Reynolds e Elrick (1983) baseado na equação de Richards (1931) para fluxo permanente num furo cilíndrico. O fluxo permanente é aproximado por uma equação onde a vazão (Q) é determinada da seguinte forma:

$$Q = R \times A$$

Onde Q é a vazão do regime permanente, R é a razão da vazão constante obtida durante os ensaios, e A é a área do reservatório do permeâmetro utilizado ($36,19 \text{ cm}^2$).

Para determinar os parâmetros correspondentes à infiltração dos solos analisados, foi utilizado o método de uma carga hidráulica (ELRICK et al, 1989). Este método consiste em aplicar uma carga hidráulica H constante e quando o regime permanente é atingido, a vazão Q e a condutividade hidráulica de campo (K_{fs}) são determinados por:

$$K_{fs} = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H / \alpha)}$$

Onde C é o parâmetro fator de forma, que depende da relação H/a e do tipo do solo, que de acordo com Soto (1996), a *Soil moisture Equipment Corp*, fornece o fator C para três classes de solos de acordo com a macroporosidade e textura. Como já explicitado, H é a altura da carga hidráulica utilizada (8cm), enquanto a é o raio do orifício aberto pelo trado no solo (3,1 cm). Os elementos fornecidos são: *areias*, *argilas e margas estratificadas* e *argilas não estratificadas*, sendo a segunda utilizada para a determinação do parâmetro C (1,1) dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha (Figura 4).

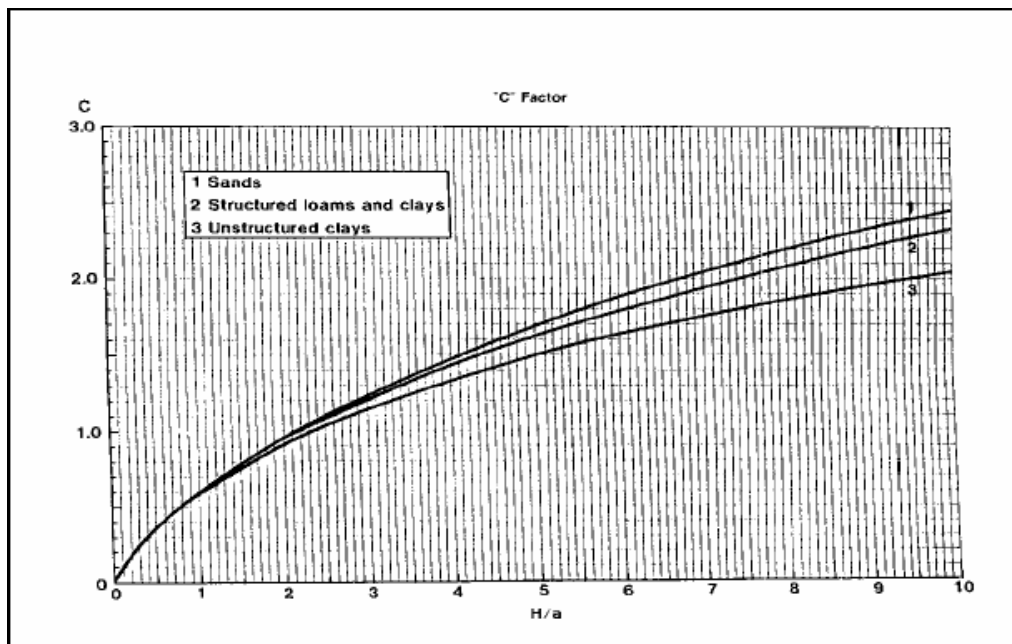


Figura 4 - Gráfico do fator de forma "C" *Soil moisture Equipment Corp*. (1986).

Fonte: SOTO, 1999, p.44.

O parâmetro a é estimado inicialmente por avaliação visual *in situ* da macroporosidade (fissuras, formigueiros, furos de raízes, etc.) e textura do solo, a partir do Quadro 4. Foi utilizado o valor 0,12, julgando-se ser o que melhor se enquadrava nas características dos solos analisados em geral.

Quadro 4 – Valores de α sugeridos para tipos de solo

α (cm ⁻¹)	TIPO DE SOLO
0,01	Argilas compactas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos).
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras.
0,12	Argilas até areias finas com alta e moderada quantidade de macroporos e fissuras.

Fonte: SOTO, 1999.

Vale ressaltar o papel que a cobertura vegetal e o manejo do solo exercem influência sobre a água no solo. Segundo Zech et al (1999, p.52), “In study by Lima (1983), conducted in the state of São Paulo, Brazil, the water content of the uppermost 2m of soils under different *Pinus* species was significantly lower than under natural Cerrado vegetation”.

Os referidos autores realizaram testes de infiltração para averiguar o potencial matricial de fluxo em solos de cerrado, levando em consideração diferentes tipos de uso, como: plantação de *Pinus*, pastagens produtivas e degradadas, lavouras de plantio direto e convencional, e áreas de cerrado nativo. Tais testes evidenciaram diferenças significativas.

We considered theses land-use system the most important ones in the study region. (ZECH et al, 1999, p.53).

Our results show that mainly the vegetation type and tillage practices control the annual course of matric potential in different used savanna Oxisols. (ZECH et al, 1999, p.51).

Foram obtidos diferentes resultados de infiltração entre as formas de uso do solo analisados. Assumindo que os solos analisados possuíam as mesmas propriedades físicas anterior à sua ocupação, os diferentes resultados de infiltração e volume de água subterrânea podem ser interpretados como resultado das praticas de uso do solo (ZECH et al, 1999).

Segundo Zech et al (1999), as praticas de plantio direto afetam as propriedades físicas dos solos. Em estudos realizados anteriormente em áreas de plantio direto e convencional em solos agricultáveis em regiões de cerrado no Brasil, foram evidenciados que o potencial

matricial e a armazenagem de água em solos de plantio direto foram menores que aqueles encontrados em locais onde a prática é de plantio convencional, particularmente na estação seca.

Amostragem de solo

A formação dos diferentes tipos de solos está intimamente ligada ao material de origem (geologia), que sofre a ação dos elementos do clima (precipitação, temperatura e vento), do relevo (principalmente da declividade) e da vegetação, sendo o seu estudo de fundamental importância ao planejamento e manejo das atividades agrícolas ou de qualquer categoria de uso e de ocupação do território. É o conhecimento das características físicas, como a granulometria, a porosidade e a profundidade, e químicas, como a quantidade e a distribuição dos minerais, elementos inorgânicos e matéria orgânica. Tais características permitem escolher qual cultura poderá se desenvolver melhor em determinado tipo de solo, aliada às características do clima e do relevo, que tipo de atividades pode ser desenvolvido, que tipo de construções pode ser edificado etc.

Embora a importância de estudos prévios seja constantemente debatida e recomendada como o primeiro passo antes de se planejar a ocupação do território, nem sempre estes estudos são desenvolvidos, seja pela sua complexidade, sejam pelos gastos com tempo, recursos financeiros e equipe especializada.

Desta forma, é possível identificar na maioria dos municípios brasileiros, independente do seu histórico de formação, tamanho, densidade populacional, arrecadação etc., graves problemas de infra-estrutura que possuem em suas raízes, falhas no processo de planejamento e ordenação do uso e ocupação do território.

Com base nas afirmações, foram realizadas coletas de amostras de solo durante os trabalhos de campo na bacia do rio Uberabinha, nos mesmos pontos onde foram realizados os

ensaios de permeabilidade com o Permeâmetro Guelph. As coletas de amostra de solo tiveram como objetivo determinar a porosidade existente nos solos contidos na área de estudo, e para isso foram coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas (Figuras 5 e 6).



Figura 5 – Coleta de amostra superficial de solo, 2008.

Autor: COSTA, 2008.

Figura 6 – Processo de coleta de amostra de solo em cilindro, 2008.

Autor: COSTA, 2008.



O outro método empregado foi o de coleta de solo pelo cilindro volumétrico para obtenção das amostras de solo indeformadas. Com esse procedimento de amostragem é possível obter dados como teor de umidade, massa específica natural (γ_n), massa específica seca (γ_d), porosidade e índice de vazios.

A coleta por cilindro volumétrico exige bastante cuidado e atenção, uma vez que não pode haver compactação e movimentação do solo no interior do cilindro (Figura 6). Após retirado o bloco de solo, o mesmo deve ser moldado com cuidado de acordo com as bordas do cilindro, para que se obtenha a precisão desejada (Figura 7).



Figura 7 – Processo de coleta de amostra de solo em cilindro, 2008.

Autor: COSTA, 2008.

Terminado o processo, a amostra é retirada do cilindro e colocada em saco plástico lacrado (para que não ocorra perda de umidade), devidamente identificada e levada para o laboratório.

Já em laboratório, a massa do solo é determinada. Dividindo-se esse valor pelo volume, obtém-se a densidade do solo. De posse das variáveis como a densidade dos grãos (ρ_s) e a massa seca (ρ_d), obtém-se o índice de vazios (e) e a porosidade do solo (η). Esta, por sua vez, indica a velocidade de infiltração da água, dentre outras variáveis.

Foram realizados dois tipos de ensaios de laboratório visando determinar a densidade dos grãos e a classificação textural das amostras de solo: o ensaio de granulometria conjunta sedimentação e peneiramento, e o ensaio para determinar a massa específica dos grãos pelo método do picnômetro. Com base nas fórmulas de correlação envolvendo dados de massa

específica dos grãos (ρ_s), massa específica seca (ρ_d), foram obtidos os parâmetros índice de vazios e porosidade.

A massa específica natural e a massa específica seca são determinadas por meio das seguintes equações:

$$\rho = \frac{m}{v} (\text{g/cm}^3) \qquad \rho_d = \frac{m_d}{v} (\text{g/cm}^3)$$

Na primeira equação, o “m” representa a massa natural do solo e “v” o volume da amostra. Para determinar a massa específica seca, substitui-se apenas o fator “m” pelo “M_d”, para designar o parâmetro desejado.

O índice de vazios (e) é determinado utilizando o valor encontrado para o parâmetro de massa específica seca (ρ_d), como mostra a fórmula seguinte:

$$e = \frac{\gamma_s}{\rho_d} - 1$$

Onde γ_s corresponde à massa específica dos grãos ou dos sólidos.

Para determinar a porosidade, é utilizada a fórmula descrita a seguir:

$$\eta = \frac{e}{1 + e} (\%)$$

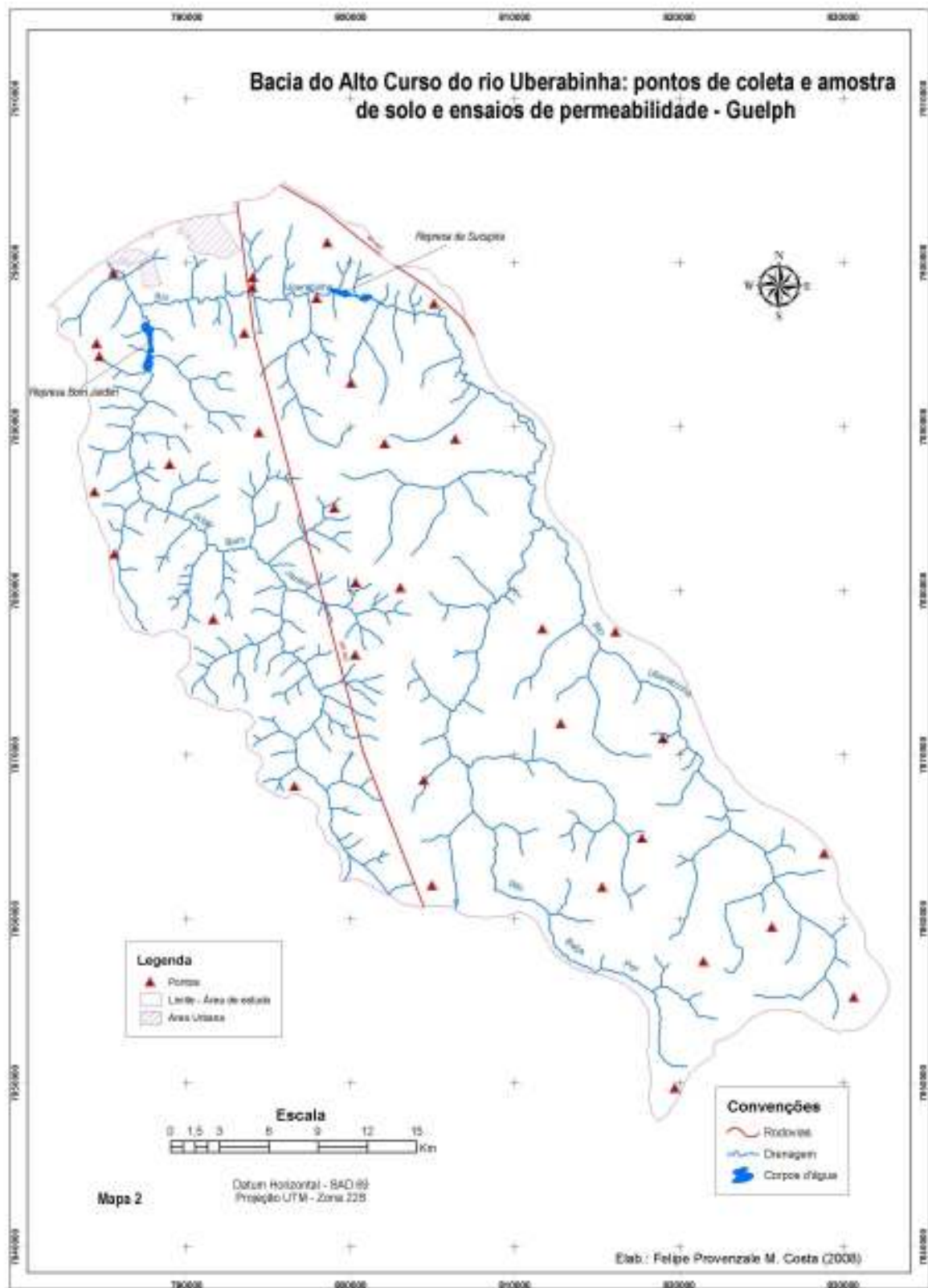
O parâmetro “e” é o índice de vazios, determinado na equação anterior.

2.3 – Matrizes de Relacionamento

No total, sete dias de trabalhos de campo foram realizados em toda a área da bacia, entre os dias 21 e 29 de Abril de 2008, com um total de 35 pontos de ensaios de infiltração e amostragem de solo deformada e indeformada (Mapa 2). Os pontos escolhidos para a análise

levaram em consideração o tipo de solo e o seu respectivo uso, sendo que cada unidade de solo foi analisada separadamente, bem como o tipo de uso e ocupação. Dessa maneira, foi possível analisar o comportamento da infiltração da água em cada unidade de solo em virtude da sua cobertura vegetal e atividade agropecuária desenvolvida.

Dessa forma, propõe-se o emprego de uma matriz de relacionamento mais detalhada dos atributos do meio físico em campo (muito importante para a sua análise em condições naturais), como mostra a figura 8.



Tal procedimento foi adotado para que fosse acrescentado aos atributos do meio físico, propostos por Neves et al (1998) na **Matriz de Relacionamento 1** (Figura 2), a influência causada no solo pela cobertura vegetal e atividade agropecuária. Na metodologia proposta pelo referido autor, o plano de informação **Uso do Solo** ocupa lugar apenas na **Matriz de Relacionamento 2**, como fator para a identificação de risco de aplicação de defensivos agrícolas que possam causar contaminação no solo e água. De maneira semelhante, empregou-se também a profundidade do lençol freático como um condicionante para a determinação das áreas vulneráveis à sua própria contaminação.

Dessa forma, propõe-se o emprego de uma matriz de relacionamento mais detalhada dos atributos do meio físico em campo (muito importante para a sua análise em condições naturais), como mostra a figura 8:

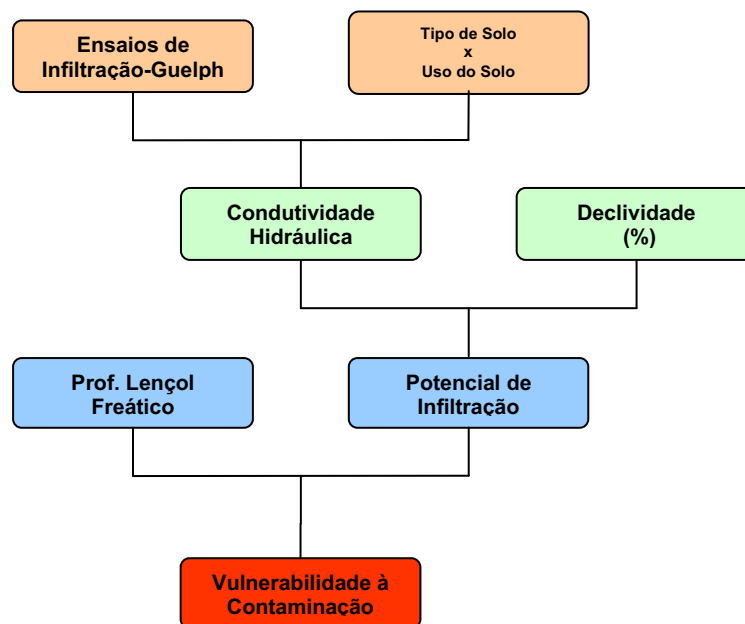


Figura 8 – Proposta de matrizes de relacionamento

Fonte: COSTA, 2008.

O fluxograma da figura 8 demonstra a seqüência em que os atributos foram analisados. Primeiramente foram realizados os **Ensaio de Infiltração com o Permeâmetro Guelph** tomando-se como referência o **Tipo de Solo** e os seus respectivos **Usos**, gerando o mapa da

Condutividade Hidráulica. Em seguida, relacionou-se com o atributo da **Declividade** para identificação da **Potencial de Infiltração** da bacia. Finalmente, fez-se a relação com o atributo **Profundidade do Nível da Água Freática**, gerando o mapa de **Vulnerabilidade à Contaminação** que de acordo com Tagliani (2003), a vulnerabilidade significa a maior ou menor suscetibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer.

O mapa de **Vulnerabilidade à Contaminação** inclui as áreas de campos hidromórficos além daquelas determinadas pelas condições de potencial de infiltração e profundidade do nível da água freática, pois tais áreas seriam vulneráveis ao recebimento de poluentes via escoamento superficial e subsuperficial das áreas próximas ocupadas pela atividade agropecuária, atingindo posteriormente os cursos d'água.

2.4 – Mapa de cobertura vegetal natural e uso do solo

Para realização do mapeamento de uso e ocupação do solo, foram utilizados:

- Cartas Topográficas do IBGE, folhas: Tupaciguara (Folha SE-22-Z-B-V; MI 2450),Uberlândia (Folha SE-22-Z-B-VI; MI 2451), Miraporanga (Folha SE-22-Z-D-III;MI 2488) e Nova Ponte (Folha SE-23-Y-C-I; MI 2489).
- Software SPRING 5.0.1 e ArcGis 9.2.
- Mosaico de imagens do Satélite LANDSAT 5, sensor TM (Imagens: Órbita 221/073 e 220/073 de 15 de Setembro de 2007.
- Trabalho de campo, realizado no dia 18 de julho de 2007.

Inicialmente elaborou-se a base cartográfica da bacia utilizando as cartas topográficas do IBGE, em formato digital, contendo os limites da área de interesse, a drenagem e coordenadas planas. Sobre essa base cartográfica foi posteriormente elaborado o mapa de uso do solo e cobertura vegetal, bem como a carta imagem.

Por meio dos recursos do software SPRING 5.0.1 e ArcGis 9.2, foram realizadas as seguinte operações:

- **Operação de Restauração de Imagens:** A Restauração é uma técnica de correção radiométrica que tem por objetivo corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração de imagens digitais. A correção é realizada por um filtro linear (Figura 9). Os pesos do filtro de restauração são obtidos a partir das características do sensor, e não de forma empírica como é feito no caso dos filtros de realce tradicionais, sendo o filtro específico para cada tipo de sensor e banda espectral. Este tipo de processamento é realizado sobre a imagem original, sem qualquer outro tipo de processamento, tais como correção geométrica, realce.

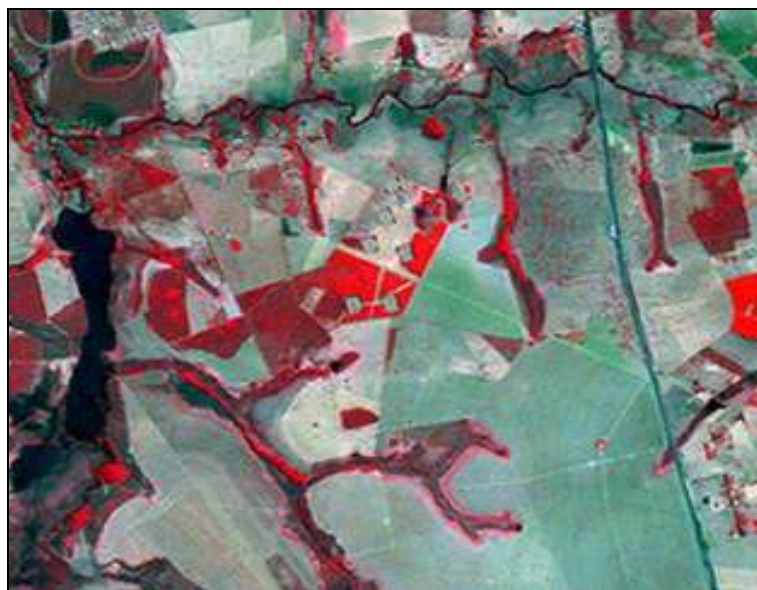


Figura 9 – Amostra da imagem submetida ao processo de Restauração.
Autor: COSTA, 2008.

- **Leitura da Imagem:** Importação da imagem no formato TIF para o módulo IMPIMA do Software SPRING, recorte da área de interesse (porção do alto curso da bacia do rio Uberabinha), exportação para o formato SPG, para posteriormente realizar o registro da imagem.
- **Registro da Imagem:** A imagem no formato SPG foi importada no SPRING, onde foi realizado o registro tomando-se 30 pontos de controle (pontos de coordenadas conhecidas identificados na imagem), utilizando-se o polinômio de 1° grau, com erro quadrático médio de 0.45 pixel. Os pontos de controle foram obtidos nas cartas topográficas do IBGE.
- **Operação de Contraste e Geração de Composição Colorida:** Para uma visualização satisfatória da imagem e para adquirir um maior poder de discriminação dos alvos foi realizado o contraste linear das bandas 2, 3 e 4, utilizando o histograma, e posteriormente foi gerada a composição colorida 2b3g4r (Figura 9).
- **Interpretação Visual da Imagem em Tela:** Após a confecção da carta imagem foi realizado o trabalho de campo para a criação da chave de fotointerpretação (Quadro 5). Esta chave de fotointerpretação foi utilizada para a geração do mapa de uso do solo e cobertura vegetal natural do ano de 2007 no software ArcGis 9.2, definindo-se 13 (treze) categorias da imagem classificada.
- **Geração do Mapa:** Após a definição das categorias de uso do solo e cobertura vegetal, e interpretação visual da imagem em tela, foi gerado o mapa final no módulo no ArcGis 9.2, onde foram inseridos elementos como coordenadas, orientação, escala, título, e informações sobre fonte, datas e autoria (Mapa 3).

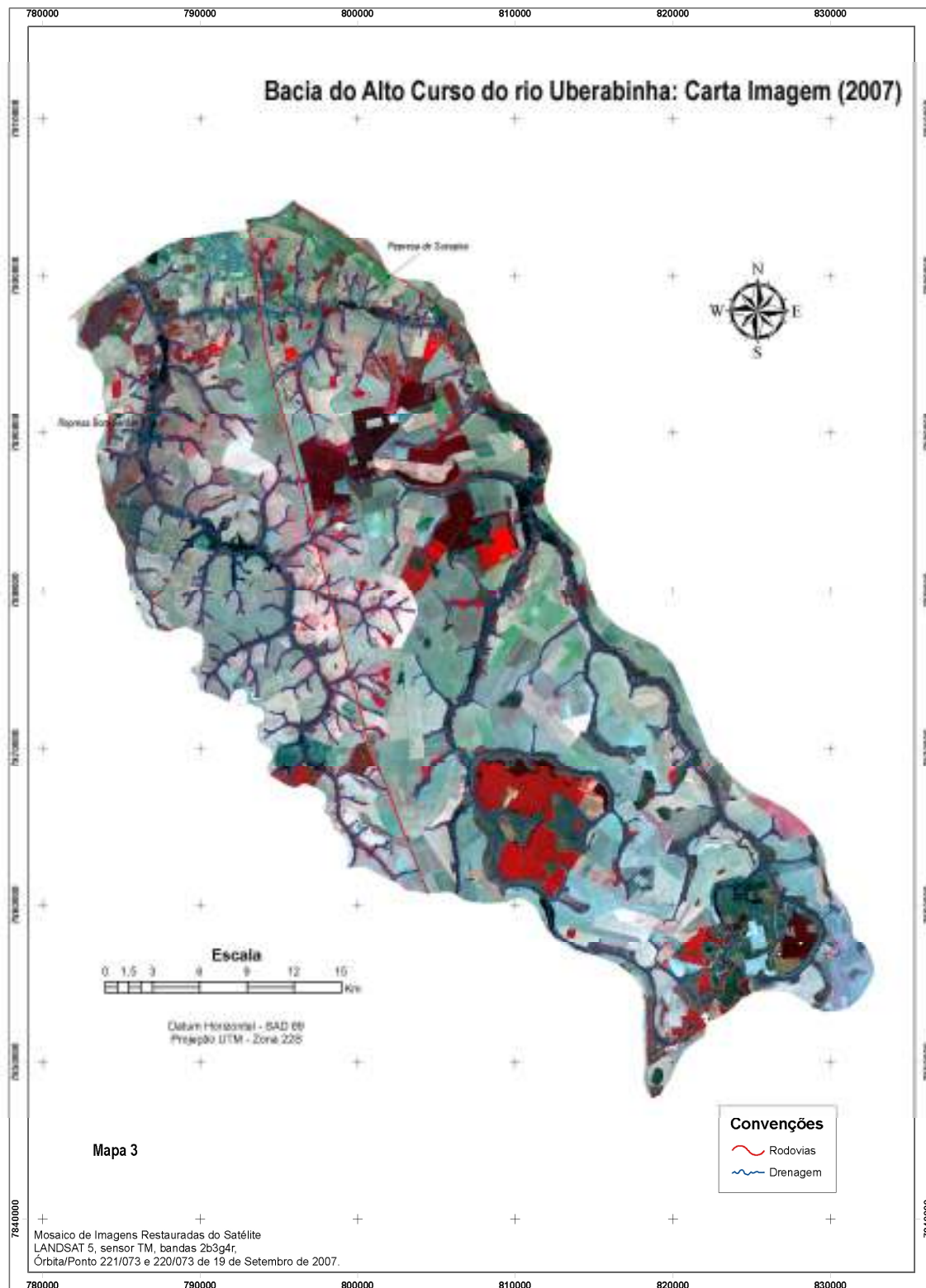
- **Calculo de áreas no ArcGis 9.2:** foi realizado o cálculo de áreas no software ArcGis 9.2, devido à sua agilidade nesta operação e também pela facilidade de exportação dos dados obtidos.

Quadro 5 – Chave de Fotointerpretação da imagem Landsat 5, bandas 2b3g4r, órbita/ponto 221/073 e 220/073 de Setembro de 2007

Categoria de Uso	Cor	Textura	Forma	Tamanho
Cultura Anual	Verde Azulado	Lisa/Rugosa	Regular	Médio
Cultura Perene	Vermelho Amarronzado	Lisa/Rugosa	Regular	Pequeno
Reflorestamento/Pinus	Vermelho Escuro	Lisa	Regular	Pequeno/Grande
Reflorestamento/Eucaliptus	Vermelho	Lisa	Regular	Pequeno/Grande
Reflorestamento/Cortado	Verde Azulado	Lisa	Regular	Pequeno
Pasto	Verde Avermelhado	Lisa	Irregular	Pequeno/Médio
Cerrado	Vermelho Amarronzado	Rugosa	Irregular	Pequeno/Médio
Campo Hidromórfico	Marrom Esverdeado	Rugosa	Irregular	Pequeno
Mata	Vermelho	Rugosa	Irregular	Pequeno
Pivô-Central	Azul Claro/Azul Esverdeado	Lisa	Regular	Pequeno
Mineração	Esbranquiçado	Lisa	Irregular	Pequeno
Corpos d'água	Cinza Escuro a Preto	Lisa	Irregular	Pequeno
Área Urbana	Azul Claro/Escuro	Rugosa	Regular	Médio

Fonte: COSTA, 2008.

Mediante consulta ao *website* do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), mais especificamente ao SIGMINE, foram extraídas informações referentes a processos para exploração mineral na área da bacia. Os processos estão em várias fases de execução nas dependências do referido órgão, e serão detalhados posteriormente. Para a elaboração do mapa foram utilizados arquivos *shapefile*, disponíveis para download no referido *website*, os quais posteriormente foram lançados sobre a base cartográfica.



2.5 – Mapa de temperatura e precipitação

Foi realizado um estudo com o objetivo de caracterizar e analisar os dados de temperatura e precipitação de estações próximas à bacia hidrográfica do rio Uberabinha, utilizando-se de uma série histórica de 10 anos (1996 a 2006), bem como sua distribuição espacial.

Para a realização do estudo, foram selecionados dados pluviométricos do período de 1996 a 2006, totalizando 10 anos de dados diários, mensais e anuais. Os dados foram obtidos mediante consulta à página oficial da Agência Nacional de Águas (ANA) e ao banco de dados do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Foram selecionadas doze estações pluviométricas instaladas em municípios do entorno da área estudada, sendo algumas localizadas em áreas urbanas e outras em sedes de propriedades rurais da região (Quadro 6).

Quadro 6 – Localização das estações pluviométricas

Estação	Localidade	Latitude	Longitude	Altitude
1948007	Campo Florido	19° 46' 14"	48° 34' 27"	615
1948001	Conceição das Alagoas	20° 01' 16"	45° 57' 58"	654
1947005	Indianópolis	19° 04' 07"	47° 56' 03"	785
1847010	Iraí de Minas	18° 58' 50"	47° 28' 20"	946
1947010	Nova Ponte	19° 08' 00"	47° 41' 00"	791
1947001	Santa Juliana	19° 18' 57"	47° 31' 34"	950
1947000	Uberaba	19° 45' 00"	47° 46' 00"	755
1848049	Uberlândia	19° 55' 23"	48° 17' 19"	869
1949002	Faz. Buriti (Prata)	19° 21' 35"	49° 10' 49"	517
-	Faz. Inhumas Chapadão (Uberaba)	19° 18' 00"	48° 12' 05"	810
1948006	Faz. Letreiro (Uberlândia)	18° 59' 18"	48° 11' 25"	830
1948005	Faz. Paraíso (Prata)	19° 14' 49"	48° 33' 58"	722

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2008.

Para que fosse feita a caracterização do regime térmico, foi adotada a metodologia de estimativa de temperaturas por meio de equações de regressão. Desta forma é possível obter

as temperaturas médias de uma localidade associando informações como altitude, latitude e longitude às variáveis pré-estabelecidas, conforme a Tabela 1. Este procedimento foi necessário pelo fato de que nenhuma das estações climatológicas estudadas detinha dados relativos às temperaturas médias mensais e anuais.

Tabela 1 – Minas Gerais: estimativa das temperaturas médias mensais e anuais

Mês	Equação	r
Janeiro	$25,4922 - 0,186151_{X1} - 0,00560437_{X2} + 0,112997_{X3}$	0,94
Fevereiro	$26,5073 - 0,185570_{X1} - 0,00553801_{X2} + 0,0914547_{X3}$	0,93
Março	$24,5729 - 0,262232_{X1} - 0,00544252_{X2} + 0,156385_{X3}$	0,96
Abril	$23,8086 - 0,460150_{X1} - 0,00509255_{X2} + 0,221168_{X3}$	0,95
Maio	$22,8704 - 0,552452_{X1} - 0,00465660_{X2} + 0,229670_{X3}$	0,92
Junho	$22,6165 - 0,633490_{X1} - 0,00480673_{X2} + 0,218271_{X3}$	0,93
Julho	$19,1005 - 0,641427_{X1} - 0,00509414_{X2} + 0,320528_{X3}$	0,93
Agosto	$12,5133 - 0,628241_{X1} - 0,00493090_{X2} + 0,493722_{X3}$	0,91
Setembro	$15,1033 - 0,688942_{X1} - 0,00513752_{X2} + 0,510375_{X3}$	0,93
Outubro	$18,8003 - 0,624257_{X1} - 0,00550874_{X2} + 0,431918_{X3}$	0,95
Novembro	$19,9533 - 0,392559_{X1} - 0,00544291_{X2} + 0,307999_{X3}$	0,93
Dezembro	$22,8347 - 0,247034_{X1} - 0,00546014_{X2} + 0,184212_{X3}$	0,96
Ano	$21,1083 - 0,436680_{X1} - 0,00522254_{X2} + 0,278922_{X3}$	0,95

X1 – Latitude do lugar em graus e décimos de grau

X2 – Altitude do lugar em metros

X3 – Longitude do lugar em graus e décimos de grau

r – Coeficiente de correlação (corresponde ao nível de acerto ou aproximação que a fórmula permite)

Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH/UFU. Org.: COSTA, 2008.

Após a caracterização dos regimes térmicos e pluviométricos que vigoram na região, os dados foram manipulados no software *ArcGis* 9.2 para a geração de isoietas e isotermas, para que os mesmos fossem melhor adaptados à área delimitada para o estudo em questão.

Foi utilizando a ferramenta *Spatial Analyst* para a interpolação espacial e modelagem dos fenômenos, ou seja, as informações de temperatura e pluviosidade disponíveis.

2.6 – Mapa de Declividade

Para a elaboração do mapa de declividade foram utilizados os valores de curvas de nível extraídas de imagens SRTM – NASA, com resolução espacial original de 90 metros. As imagens foram adquiridas através do *website Brasil em Relevo – EMBRAPA Monitoramento por satélite*, compatíveis com a articulação das cartas de 1:250.000 do IBGE, sendo elas: SE-22-Z-D, SE-23-Y-C, SE-22-Y-C.

Duarte e Assad (2008), afirmam que em áreas onde não se dispõem de cartas planialtimétricas compatíveis com a escala de trabalho, recomenda-se o uso do SRTM interpolado, por este ser mais fiel à realidade de campo. Tal colocação pôde ser feita após o estudo realizado comparando-se os Modelos Digitais de Elevação (MDE) extraídos de imagens SRTM originais, e das mesmas imagens refinadas utilizando-se um interpolador bicúbico. Esta operação garantiu um refinamento coeso a uma imagem original, tendo como produto final um MDE com resolução espacial de 30 metros.

Com base nestas afirmações, foi realizado o refinamento do mosaico de imagens da bacia do rio Uberabinha utilizando-se novamente o *Spatial Analyst*, com o uso de interpoladores zonais de álgebra de mapas.

Na tentativa de melhorar a qualidade visual dos dados obtidos pelas imagens *SRTM*, as mesmas foram submetidas a um tratamento adequado no *software ArcGis 9.2*. Primeiramente, as células das imagens, agora com a resolução espacial de 30 metros, foram recalculadas para que assumissem valores inteiros. Em seguida, foi realizada a conversão do formato *raster* para o formato vetorial, onde cada célula foi transformada em uma feição pontual, mantendo o valor altimétrico da imagem original.

Por último, foi efetuado o tratamento estatístico por meio de operações de vizinhança, mantendo como máscara de análise uma circunferência de 5 metros em torno de cada célula. O resultado foi obtido extraíndo-se apenas as médias simples das células no raio estipulado.

Posteriormente, foram geradas as curvas de nível a partir do MDE obtido por meio de imagens refinadas, com resolução espacial de 30 metros, agora por meio do *3D Analyst*, do *software ArcGis 9.2*.

2.7 – Mapa da Profundidade do Nível de Água

Parte do mapa de Profundidade do Nível de Água da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha já se encontrava pronto em trabalho de mapeamento geotécnico para análise e avaliações ambientais do meio físico no município de Uberlândia, em escala de 1:100.000, realizado por Nishiyama (1998). O restante da área de estudo, situada no município de Uberaba e desprovido de tais informações, foi mapeado seguindo a mesma metodologia utilizada no trabalho mencionado.

Em decorrência do nível incipiente de informações quanto às condições de ocorrência da água subsuperficial e de sua importância para o processo de avaliação do meio físico para finalidades de ocupação, procurou-se desenvolver uma técnica de avaliação que resultasse na obtenção da profundidade do nível d'água subsuperficial, aplicada a uma situação de escala regional (1:100.000), abrangendo integralmente a área mapeada (NISHIYAMA, 1998, p.250).

De acordo com Nishiyama (1998), a profundidade do nível da água pode ser estimada pela constatação de solos hidromórficos e/ou orgânicos, pela presença de elementos aluvionares atuais, contato entre litologias de elevada permeabilidade sobrejacente a uma outra de baixo coeficiente de permeabilidade, presença de litologias de baixa permeabilidade em situação aflorante ou mesmo recobertas por camadas inconsolidadas.

Em face do exposto, foram utilizadas imagens de satélite (*Landsat 5*), em diversas composições de bandas, levando em consideração elementos como: as áreas úmidas situadas

em encostas; a presença de nascentes; as formas de relevo; a influência do substrato rochoso ou da camada inconsolidada subjacente de baixa permeabilidade.

Nishiyama (1998) propõe seis classes de profundidade do nível de água: 0 a 2 metros; 2 a 5 metros; 5 a 10 metros; 10 a 20 metros; maior do que 20 metros e nível da água condicionada pelo substrato rochoso.

Na área em questão foram encontradas quatro classes de profundidade do N.A., sendo elas: 0 a 2 metros, 2 a 5 metros; 5 a 10 metros; 10 a 20 metros e nível da água controlada pelo substrato rochoso. Estas classes foram agrupadas em três categorias de profundidade diferentes, para que posteriormente pudessem ser relacionadas com as categorias definidas para o potencial de infiltração, como pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7 – Categorias de Profundidade do N.A.

Nível da Água (metros)	Categorias de Profundidade
0 a 2	Aflorante a Subsuperficial
2 a 10	Subsuperficial a Média
Maior que 10	Profundo

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

O nível da água controlado pelo substrato rochoso não foi considerado devido ao fato de não ser possível a observação do nível da água, em decorrência da percolação profunda da água de infiltração, impedindo assim a sua relação com os demais elementos em estudo, de acordo com a metodologia empregada.

2.8 – Mapas de atributos do meio físico

Os mapas de Compartimentos de Relevo, Geologia e Solos foram obtidos fazendo-se uso de documentos cartográficos já confeccionados. O mapa de solos foi elaborado utilizando-se como base cartográfica o levantamento realizado pela EMBRAPA (1982), o

qual sofreu alterações no que tange à área ocupada por solos hidromórficos. Para tal, foi levado em consideração o mapeamento de cobertura vegetal natural e uso do solo, descrito no item 2.4.

Para elaboração dos mapas de compartimentos de relevo e geologia, foram utilizados documentos cartográficos produzidos por Nishiyama (1998), em estudo de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, aplicados ao município de Uberlândia (MG). A área da bacia que se encontra fora dos limites do referido município foram mapeados com base em interpretação de imagens do satélite *Landsat 5*.

3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Clima

O estudo do clima de uma determinada região, identificando os seus principais elementos, a influência dos fatores locais e globais nas suas características, é de fundamental importância na identificação das variáveis que possam interferir na ocupação da região e no uso da terra da mesma.

A bacia hidrográfica do rio Uberabinha situa-se na porção nordeste da mesorregião do Triângulo Mineiro, e como o já mencionado, apresenta forte ocupação por parte de atividades agropecuárias e silvicultura.

É necessário destacar que mesmo a região do Triângulo Mineiro (onde está inserida a área de estudo), estando situada politicamente dentro do Estado de Minas Gerais, devido à sua posição geográfica e às formas de relevo, possui características climáticas semelhantes à região Centro-Oeste (MENDES, 2001).

Assim, em relação ao clima do Triângulo Mineiro, pode-se dizer que ele apresenta uma relativa uniformidade e periodicidade no que diz respeito aos sistemas atmosféricos responsáveis pela sazonalidade climática na qual a região está inserida, caracterizada por temperaturas mais elevadas e chuvas concentradas durante o verão e, temperaturas amenas e estiagens nos meses de inverno. Essas condições são, além da ação dos sistemas atmosféricos, influenciadas pelas características geográficas da região, como relevo, longitude e latitude, o que pode-se chamar de continentalidade (NIMER, 1979).

De acordo com Nimer (1979), todos os fatores climáticos estáticos, como o relevo, agem em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica sobre o clima de uma determinada área. Assim, fica evidente a importância do conhecimento dos sistemas de

circulação atuantes na região a ser estudada, ao longo de todo o ano, para assim entender a sua dinâmica climática.

As principais massas de ar que influenciam o clima da região são a Tropical Atlântica (TA), a Tropical Continental (TC) e a Polar Atlântica (PA). Segundo Monteiro (1969) apud Assunção (2002), durante o período considerado seco, de abril a setembro, o domínio da região é exercido pelas massas de ar Tropical e Polar Atlântica. O mesmo autor argumenta que a massa Tropical Atlântica ao avançar sobre o continente, encontra uma barreira natural (Serra do Mar), perdendo parte de sua umidade por condensação, provocando chuvas na orla marítima e chegando mais seca ao interior do continente.

[...] A massa Polar Atlântica, em seu avanço, também pode ser responsabilizada pelas chuvas no litoral, nesse período do ano, principalmente quando há o encontro com a Tropical Atlântica. Desse modo, pode-se afirmar que, durante o período considerado seco, que coincide com a estação do inverno, as precipitações, nas raras ocasiões que acontecem, são motivadas pela ação da massa polar.

[...] No verão (quente e úmido), que abrange o período de outubro a março, prevalece o domínio da massa Tropical Atlântica, todavia, sem a interferência ativa da massa Polar (ASSUNÇÃO, 2002, p.125-153).

No que tange à distribuição espacial e sazonal das chuvas, de acordo com Nimer (1979, p.405-414), as características do terreno não constituem grandes barreiras à circulação atmosférica que define o regime pluviométrico da região.

[...] essas precipitações não se distribuem igualmente através do ano. [...] Em quase toda região, mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre [...] novembro-janeiro no Sul. Durante esse trimestre chove em média 45 a 55% do total anual.

[...] Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Nessa época do ano as chuvas são muito raras, havendo, em média, geralmente, 4 a 5 dias de ocorrência deste fenômeno por mês.

Quanto às temperaturas médias da região, de acordo com Nimer (1979), as mesmas mostram-se elevadas durante a primavera e o verão, com média superior a 23°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes (com médias acima de 26°C). Raramente são

menores que 20°C em média, sendo Junho e Julho os meses com médias térmicas mais baixas, entre 19°C e 22°C.

O mesmo autor destaca que o regime térmico anual caracteriza-se pela grande variação das temperaturas durante o ano, que se deve à continentalidade da área a qual impede a influencia marítima, e à interação do relevo com a latitude (durante o inverno responde pelo decréscimo da média de temperatura nesta região). Em algumas localidades, durante a primavera, a amplitude térmica pode ser superior a 15°C, uma das maiores registradas em todo o país.

Abordando as características climáticas em escala local, particularmente na cidade de Uberlândia, Del Grossi (1991) apud Mendes (2001, p.75) afirma que:

[...] a dinâmica atmosférica em Uberlândia está sob controle, principalmente, dos sistemas intertropicais, cuja participação no transcorrer do ano é superior a 50%, completada com a atuação dos sistemas polares, cuja participação é pouco superior a 25%. A atuação desses sistemas de circulação ocasiona sobre Uberlândia a formação de um clima tropical alternadamente seco e úmido.

Portanto, ainda na linha de raciocínio do mesmo autor, a sazonalidade existente na área entre os períodos chuvosos e quentes, frios e secos durante o ano se deve à alternância de atuação de massas tropicais e polares, que impõe à cidade de Uberlândia uma característica climática tida como alternadamente tropical úmido e seco.

Nessa perspectiva, na área de estudo, serão abordados aspectos climáticos referentes à temperatura e precipitação das estações climatológicas já citadas.

Temperatura

Ao analisarmos as médias mensais e anuais de temperatura das estações, entendemos que a variação espacial e sazonal deste fator climático segue a característica da região do Cerrado brasileiro, onde está inserida a bacia do rio Uberabinha. A continentalidade e a

altitude, bem como as massas Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica constituem-se como as responsáveis pelas variações observadas.

Observando a Tabela 2, notamos que as maiores médias térmicas concentram-se no período de setembro a abril, sendo os meses de outubro e setembro os que apresentam as maiores médias. Estes meses podem ser caracterizados como a transição entre o período seco e chuvoso.

Tabela 2 – Médias Térmicas Mensais e Anuais – 1996/2006

Município	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Campo Florido	23,8	24,8	24,8	24,6	23,3	21,2	18,7	20,3	22	24	25	24,7	24,5
Conc. Alagoas	22,7	24,2	24,3	23,9	22,4	20,2	17,8	19	20,3	22,3	23,5	23,6	23,7
Indianópolis	23	23,9	23,9	23,8	22,6	20,6	18,2	19,6	21,2	23,3	24,2	23,9	23,6
Iraí de Minas	22,1	23	23	22,8	21,7	19,8	17,3	18,7	20,3	22,3	23,2	22,9	22,7
Nova Ponte	22,9	23,8	23,9	23,7	22,5	20,5	18	19,5	21	23,1	24	23,8	23,5
Santa Juliana	21,9	22,9	22,9	22,7	21,5	19,6	17,1	18,5	20,1	22,1	23	22,8	22,6
Uberaba	22,9	23,9	24	23,7	22,4	20,4	17,9	19,4	21	23	24	23,8	23,6
Uberlândia	22,3	23,3	23,3	23,1	21,8	19,8	17,3	18,8	20,5	22,5	23,4	23,2	23
Faz. Buriti	24,6	25,5	25,5	25,3	24	21,9	19,5	21,2	22,9	25	26	25,5	25,2
Faz. Chapadão	22,8	23,7	23,8	23,6	22,4	20,4	17,9	19,5	21,1	23,2	24,1	23,7	23,5
Faz. Letreiro	22,5	23,5	23,5	23,3	22	20	17,4	19	20,7	22,7	23,6	23,4	23,2
Faz. Paraíso	23,4	24,3	24,3	24,2	23	21	18,5	20,1	21,8	23,9	24,7	24,4	24

Fonte: Pesquisa Direta. Org. COSTA, 2008.

A amplitude térmica observada entre os meses com os menores e maiores valores de temperatura não atinge 6°C em média, entre os meses de junho e outubro, respectivamente.

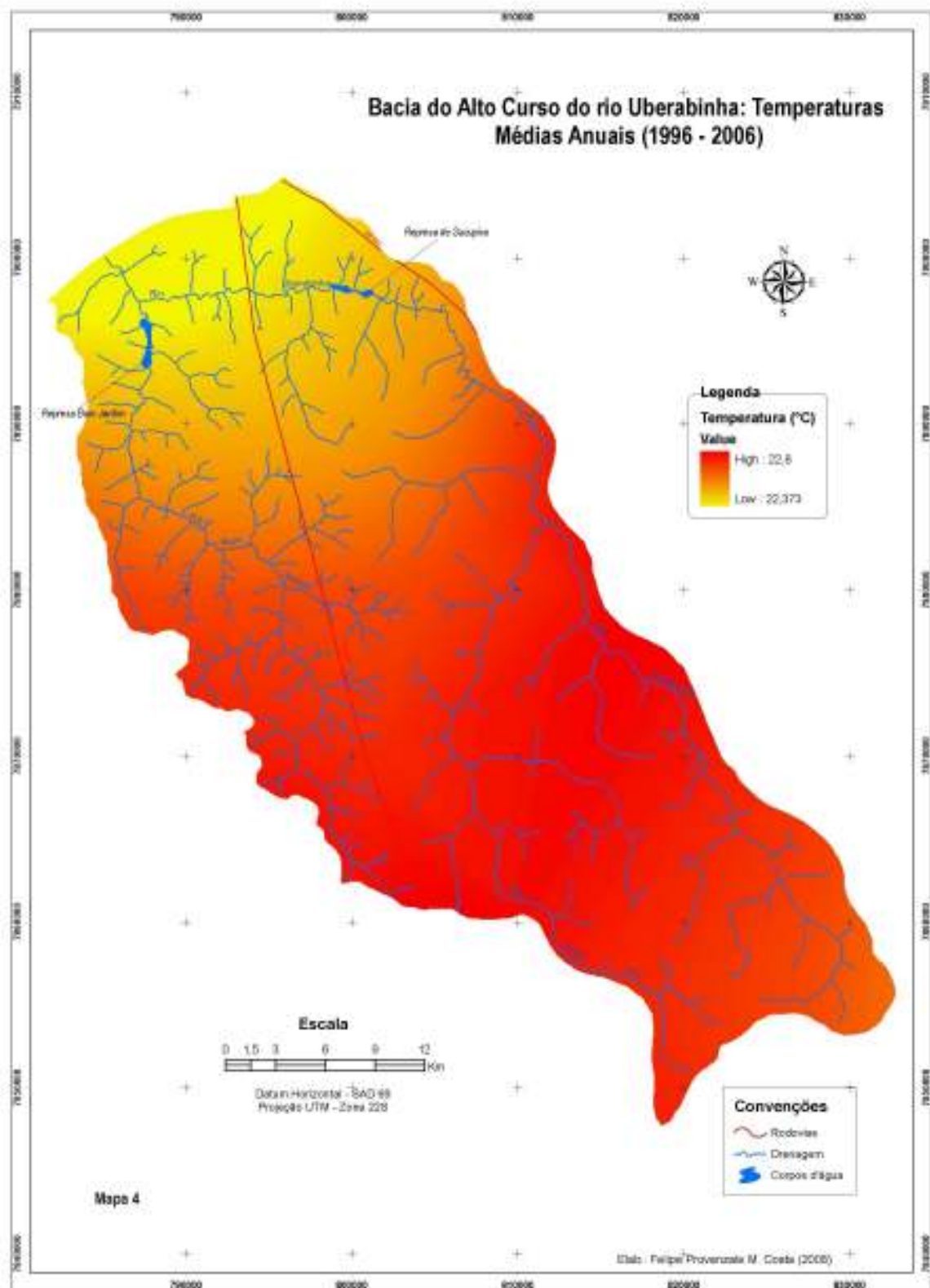
Outra análise que pode ser feita é a comparação das médias termiais da Tabela 2 (p. 48) com a altitude das estações pluviométricas do Quadro 6 (p. 39). Devido à variação de altitude entre as estações estudadas (a amplitude altimétrica chega a 433 metros), nota-se uma diferença no período de inverno, principalmente nos meses de junho e julho. As estações como as de Santa Juliana, Uberlândia e Iraí de Minas apresentam valores médios de

temperatura menores, devido à influência da altitude na temperatura, contribuindo para uma ligeira variação nos valores médios anuais ($2,7^{\circ}\text{C}$) nos valores registrados nas estações.

Na área de estudo, é possível observar a uniformidade na distribuição das médias de temperatura, sendo que a variação não chega a atingir 1°C . Com destaque para a região da cabeceira do ribeirão Bom Jardim e toda a extensão do ribeirão Beija Flor, que concentraram as maiores temperaturas durante o ano. Em direção à área urbana de Uberlândia, observa-se uma pequena diminuição na temperatura média, da ordem de $0,5^{\circ}\text{C}$. Em direção à nascente do rio Uberabinha, a média de temperatura apresenta valores mais baixos (Mapa 4).

Os valores mais elevados de média de temperatura do topo das chapadas é justificado pelas condições topográficas que condicionam uma melhor absorção da radiação solar, transformando de forma mais eficiente, energia radiante em calor sensível (MONTEIRO, 1951).

A partir dos dados disponíveis acerca da temperatura na região, é possível perceber uma pequena diferença na sua distribuição espacial pela área em questão. Para obter resultados mais precisos, seria necessário um maior adensamento no número de pontos de coleta de dados. Todavia, na escala de abordagem proposta para o trabalho, os dados apresentados se mostraram satisfatórios.



Precipitação

Quanto à variação sazonal dos índices de precipitação (Tabela 3), observa-se que o comportamento da pluviosidade no decorrer do ano segue características comuns observadas na região, com duas estações bem definidas: um inverno seco e um verão chuvoso (Gráfico 1).

Tabela 3 – Precipitações Médias Mensais e Anuais (mm) – 1996/2006

Estações	Total	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Campo Florido	1433	299	219	176	67	42	21	7	19	61	97	192	285
Conceição das Alagoas	1421	279	227	213	75	33	17	13	9	34	119	174	229
Indianópolis	1431	260	197	190	96	38	17	8	23	62	113	182	240
Iraí de Minas	1426	274	202	195	60	35	13	6	17	50	86	231	259
Nova Ponte	1527	265	238	212	84	54	7	12	29	54	124	180	268
Santa Juliana	1540	315	193	192	73	43	21	8	17	67	104	222	286
Uberaba	1559	272	229	199	100	47	18	14	11	55	143	198	272
Uberlândia	1556	316	176	231	71	34	19	4	15	63	99	222	306
Faz. Buriti	1486	316	230	225	65	37	21	4	16	64	82	202	246
Faz. Inhumas Chapadão	1750	357	267	251	64	52	10	11	21	76	120	216	304
Faz. Letreiro	1548	328	182	216	88	40	15	3	16	47	98	209	306
Faz. Paraíso	1439	247	264	221	58	42	17	6	18	55	95	182	233
Média	1509	295	201	213	68	59	16	27	18	69	96	207	248

Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH/UFU. Org.: COSTA, 2008.

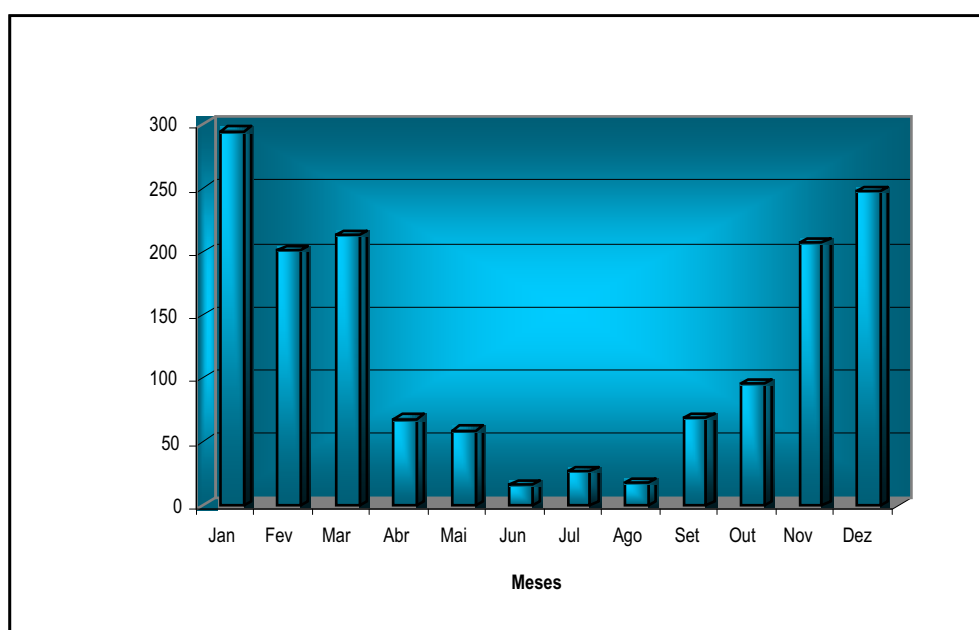


Gráfico 1 – Precipitação Média Mensal, 1996 – 2006.

Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH/UFU. Org.: COSTA, 2008.

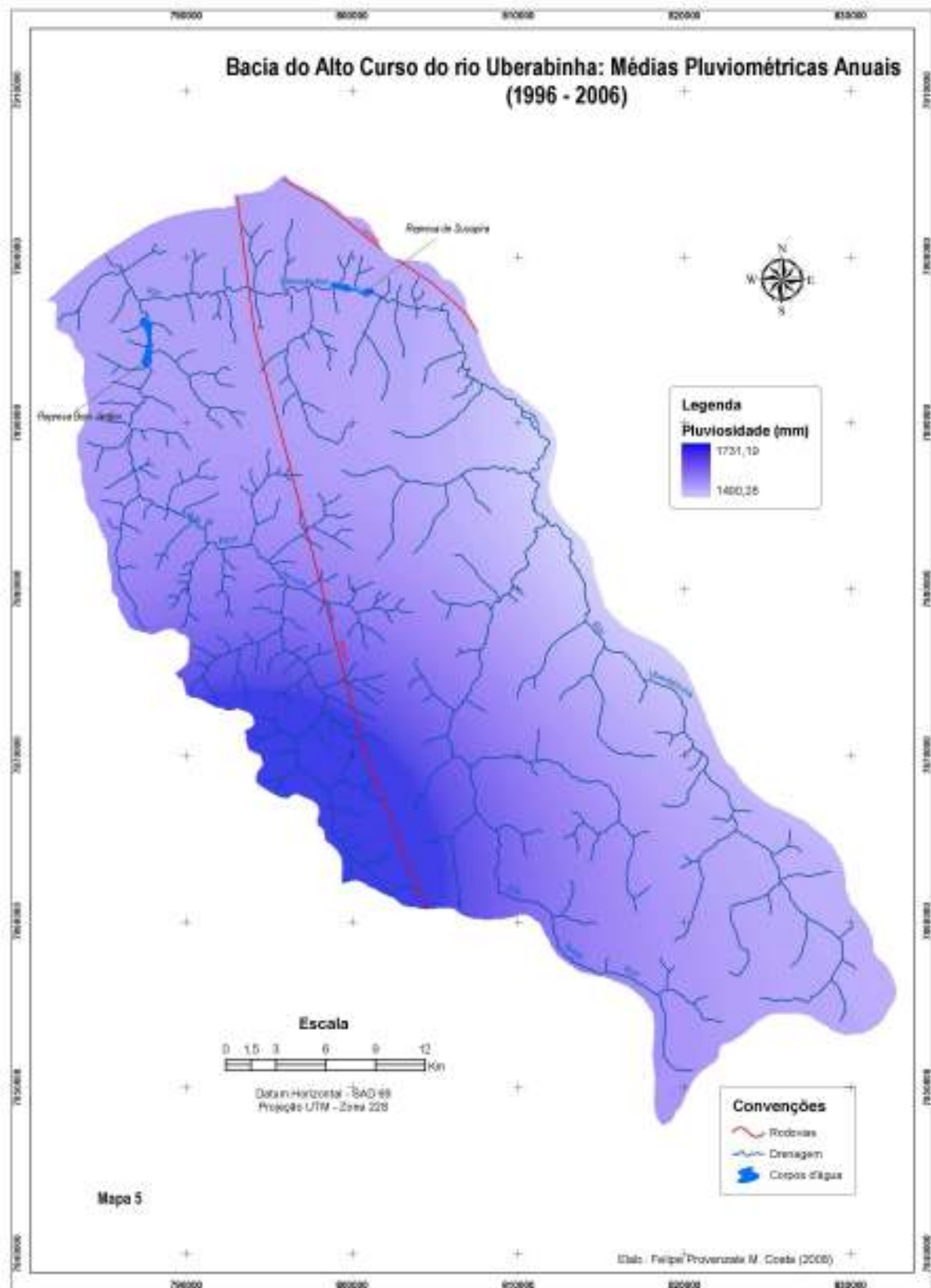
Em relação à distribuição espacial da precipitação, devido às condições de circulação atmosférica para a região em estudo e as características geomorfológicas, da mesma forma que a temperatura, a mesma apresentou uma leve variação.

A média regional pluviométrica calculada nos últimos dez anos, foi de 1509 mm, como observado na Tabela 3, sendo que 83,5% do total são referentes à estação chuvosa na região (outubro a março). Apenas 16,5% distribuem-se na estação seca (abril a setembro). Dentre os meses de maior índice de chuva, dezembro, janeiro e março merecem destaque, pois detêm 63,8% do total regional.

A distribuição espacial ao longo da área estudada pode ser visualizada no mapa 5. Possivelmente que os maiores totais de precipitação ocorreram na cabeceira do ribeirão Bom Jardim, na porção sudoeste da bacia. Nessa região, a estação pluviométrica da fazenda Inhumas do Chapadão, apresentou a maior média em relação às demais analisadas.

Tal comportamento pode ser explicado pela interação do avanço das frentes polares, no sentido sudoeste-nordeste e também pelas linhas de instabilidade, juntas responsáveis por aproximadamente 90% das chuvas que ocorrem na região, com as características topográficas do relevo local. Este relevo passa, em uma distância relativamente curta, de 810 metros de altitude (local onde se situa a estação pluviométrica) para mais de 970 metros nos pontos mais altos da bacia, nas imediações da BR050, que imprime certa influência orográfica na formação de chuvas na borda sudoeste da chapada.

O restante da área apresenta uma relativa uniformidade no que tange à altura das precipitações, situando-se no entorno de 1500 mm, como demonstram os dados da estação da fazenda Letreiro, localizada próxima à estação de captação de água do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) da cidade Uberlândia.



Vale ressaltar que, a medida da altura da água da chuva precipitada e coletada no pluviômetro representa apenas uma pequena amostra do que ocorreu no seu entorno, e que muitas vezes essa amostra, que é uma tentativa de aproximação da realidade, pode não condizer com a real distribuição temporal e espacial da chuva no entorno do ponto de amostragem.

Além dessa problemática, vale ainda salientar sobre a confiabilidade dos dados coletados, que mesmo tendo as pessoas responsáveis pelas observações recebidas treinamento para tal atividade, ainda assim são passíveis de erros de leitura. Desta forma, os resultados obtidos a partir das análises dos dados coletados são ensaios que buscam uma aproximação da realidade e não uma exposição fiel sobre ela.

3.2 – Geologia Local

Aluviões Holocênicos

Nishiyama (1998) descreve os depósitos aluvionares holocênicos 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 dejeção. Na área estudada a espessura desses depósitos varia no intervalo de 2 a 5 metros.

A Cobertura Cenozóica

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.

Segundo Nishiyama, (1998), a cobertura cenozóica é caracterizada pela presença de leitos de cascalheiras que chegam a atingir espessuras superiores a dez metros. Predominam na sua composição seixos de basaltos, quartizitos e quartzo, freqüentemente revestidos por um filme de óxido de ferro. As camadas rudáceas formam diversos níveis com espessura e granulometria variáveis. O autor cita como exemplo típico dessa unidade o afloramento localizado à margem da rodovia entre Araxá e Uberlândia, distante aproximadamente a 25 Km desta última cidade.

Nas áreas em quem há ocorrência de arenitos da Formação Adamantina, também se verifica a predominância de areia na constituição dos sedimentos cenozóicos, o que indica uma possível contribuição da formação supracitada.

No contato entre a cobertura cenozóica com a formação subjacente correspondente à cada área, são freqüentes as concreções limoníticas, formando camadas com espessuras variáveis desde centímetros à metros. Constituídos de pequenos blocos ou concreções esparsas de diversas dimensões. Nos locais onde a força dos elementos erosivos e a lixiviação são mais atuantes, a crosta limonítica recobre toda a superfície do terreno, principalmente nas vertentes dos vales fluviais.

A cobertura cenozóica tem se mostrado susceptível aos processos de erosão acelerada nos solos dos locais de sua ocorrência, em virtude da cimentação incipiente de suas partículas, principalmente onde existe predominância de termos arenosos. Além disso, sua alta permeabilidade e porosidade associadas à devastação da cobertura vegetal natural e ao regime de precipitação vêm causando o aumento de erosão pela bacia.

Formação Serra Geral

Na área de estudo, os basaltos da Formação Serra Geral afloram no médio curso do Rio Uberabinha, já próximo da área urbana de Uberlândia, e na foz dos seus afluentes, como o

Ribeirão Bom Jardim. No vale do Rio Uberabinha, assim como no do Rio Araguari, pelo menos três episódios de derrames de lava basáltica podem ser detectados a partir da existência de patamares esculpidos ao longo dos planos que separam os derrames.

A presença do basalto desenvolve formas suavizadas, segundo Del Grossi (1991), modeladas em amplos interflúvios, separando vales pouco profundos os quais não se destacam na topografia plana. Ainda segundo a autora, o padrão de drenagem retangular é quase sempre controlado por linhas de falhas e fraturas, também responsáveis pela evolução de cachoeiras e corredeiras no leito do Rio Uberabinha.

A presença dos basaltos nas vertentes, quando alterados, dá origem à formação de um argiloso e avermelhado, ou seja, o latossolo roxo. Distingue-se dos solos das áreas de topo plano, onde prevalecem as rochas sedimentares do grupo Bauru, com vegetação típica de Cerrados.

Formação Marília

Na região da bacia do Uberabinha e arredores, como afirma Nishiyama (1989), o Membro Serra da Galga é o principal representante dessa formação, ocupando uma grande extensão a sudeste e a noroeste do município. A leste, essa formação é limitada pelo rio Araguari e ribeirão Bom Jardim, ao Sul prolonga-se ao município de Uberaba e para o Norte, se estende em direção aos distritos de Cruzeiro dos Peixotos e Martinésia. Para Oeste, estende-se rumo aos municípios de Monte Alegre de Minas e Tupaciguara. Em toda essa região a Formação Marília, ora está assentada sobre os basaltos da Formação Serra Geral, a exemplo do que acontece na vertente do Rio Araguari, ora transgride diretamente sobre as rochas da Formação Adamantina, como ocorre a oeste do ribeirão Bom Jardim.

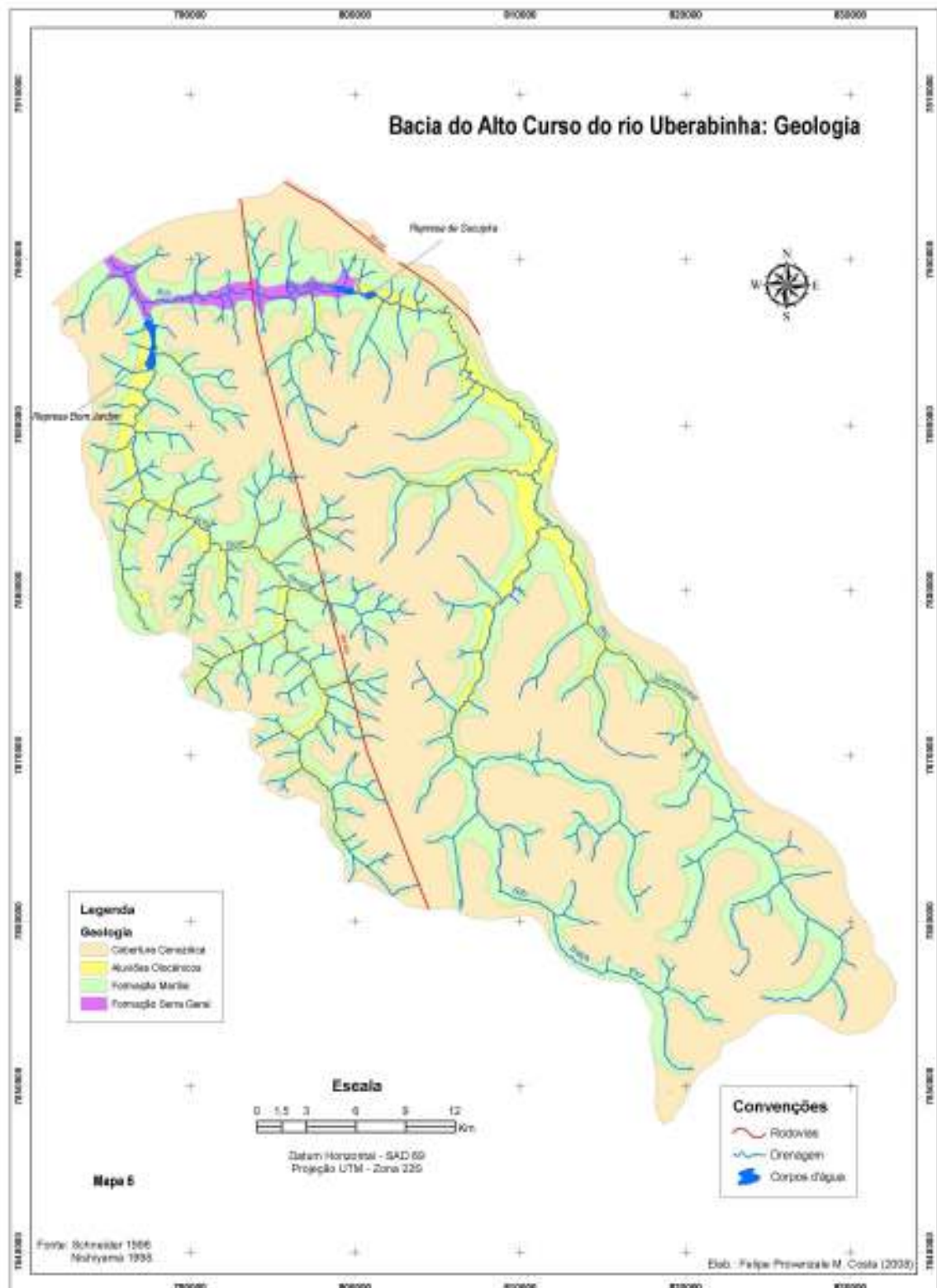
Segundo Nishhiyama (1998), em razão da cobertura Cenozóica assentar-se em grande extensão sobre a Formação Marília, sua observação na região tem sido dificultada. Apenas em

cortes profundos e em voçorocas, é possível caracterizar seus tipos litológicos, representados por arenitos finos com nódulos carbonáticos, arenito-conglomerático e conglomerados fortemente cimentados por material carbonático. A coloração predominante é rósea, enquanto que os conglomerados ostentam coloração cinza esbranquiçada e creme.

Nishiyama (1989) afirma que a feição morfológica que caracteriza a Formação Marília é de relevo de topo plano e de bordas abruptas, mantidos pela cimentação mais intensa da rocha. Tal aspecto pode ser observado no corte da rodovia BR050, que liga as cidades de Uberaba e Uberlândia, na Serra da Galga. Nesse local, o Membro Serra da Galga encontra-se sobrejacente ao Membro Ponte Alta, e sobre este, repousa a cobertura Cenozóica de natureza detrítica. Difere da Formação Adamantina em muitos aspectos, dentre eles a presença de relevo menos dissecado, com drenagem imatura e em menor densidade e ausência de cimentação carbonática.

A Formação Marília está presente na quase totalidade da área de estudo, sendo que a Formação Serra Geral aflora apenas próximo da área urbana de Uberlândia, no leito do rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim, e seus afluentes (Mapa 6).

Os depósitos da Formação Marília, segundo Barcelos (1984 apud NISHIYAMA, 1998), desenvolveram-se sob regime torrencial, em clima semi-árido com coalescência de leques aluvionares, proveniente de arcos marginais. O Membro Serra da Galga teria se depositado em condições de alta declividade, desenvolvendo-se em leques aluviais em regimes torrenciais, com canais anastomosados em regiões próximas a arcos marginais. Já a deposição do Membro Ponte Alta, teria ocorrido em clima semi-árido em lagos de *playa*, supersaturados em carbonato de cálcio.



3.3 - Formas de relevo

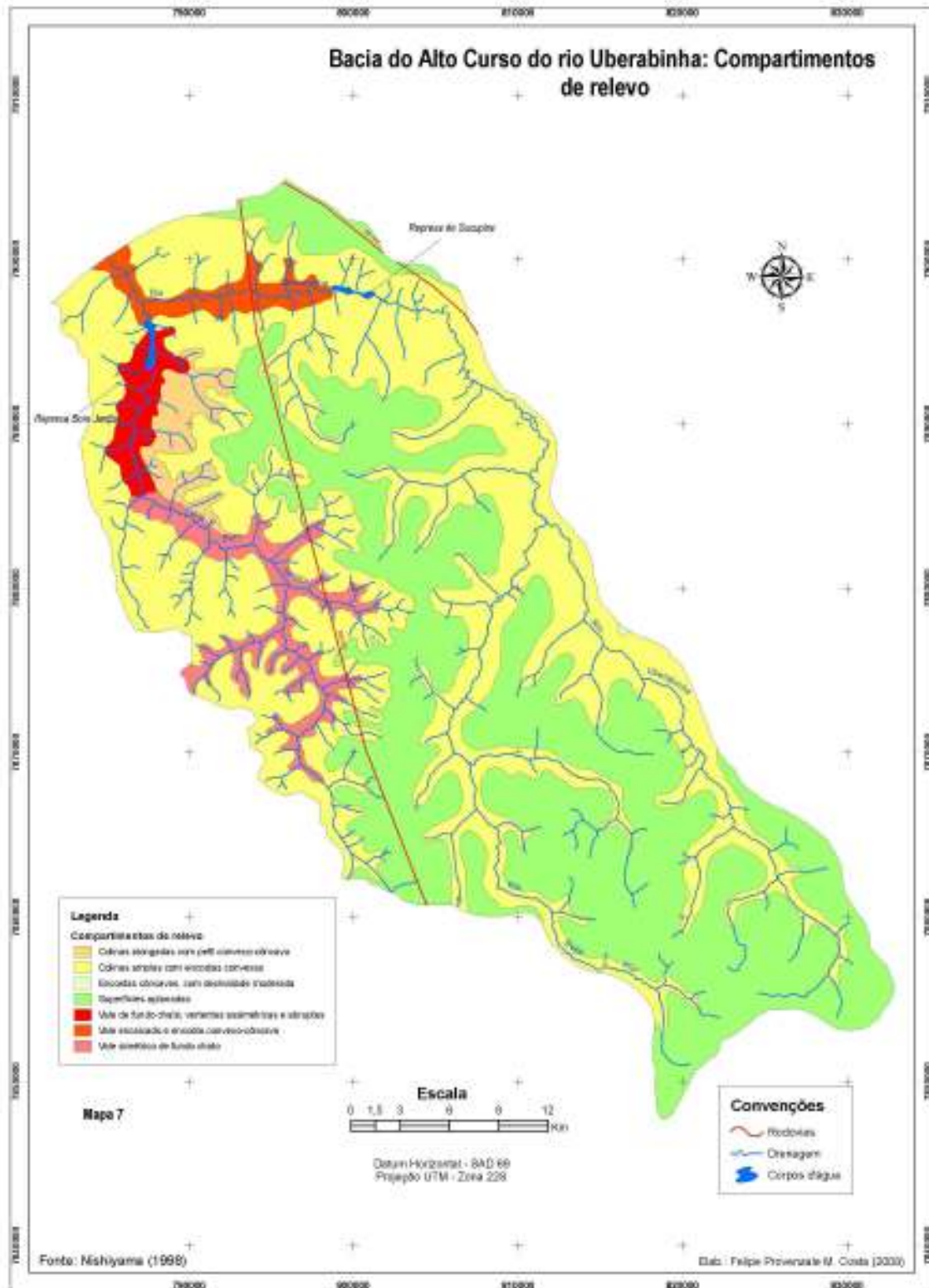
De acordo com Baccaro (1993), a área da estudada corresponde ao compartimento de relevo de **Áreas de topos aplanados** (Mapa 7). São áreas cuja dissecação erosiva se apresenta de forma moderada, predominando ainda extensas superfícies aplainadas das chapadas. Segundo Baccaro (1993), estas áreas correspondem às superfícies de cimeira regional, com altitude média de 900 m. As redes de drenagem instaladas produzem um entalhamento de pequena magnitude se comparadas ao Rio Araguari, estabelecendo diferenças de cota inferiores a 100 m entre os divisores de água e os talwegues.

A principal característica desta unidade são as colinas amplas e de topos aplanados, encostas convexas com baixa amplitude quando cortadas por canais de drenagem, instaladas sobre um substrato rochoso composto por litologias arenosas e conglomeráticas da Formação Marília.

As superfícies mais antigas da região possivelmente correspondem aos topos das chapadas, preservados graças à sua topografia plana, onde os processos erosivos são pouco atuantes ao contrário da pedogênese (Nishiyama, 1998). As unidades descritas a seguir referem-se a toda bacia do Uberabinha.

Colinas amplas e perfil de encosta convexo

Esta unidade ocorre principalmente junto dos divisores de água dos rios Uberabinha e das Pedras (fora da área da bacia) e ao sul da cidade de Uberlândia, acompanhado os vales do Rio Uberabinha e Ribeirão Bom Jardim.



Colinas médias e amplas, pouco recortadas por canais de drenagem, são as principais características dessa unidade, bem como o perfil convexo das encostas com predominância de declividades situadas entre 5 e 10%, com topos levemente convexos de baixa declividade, sendo esta menor que 5%. Esta unidade se desenvolve sobre antigas áreas de chapadas, trabalhadas pela ação das águas pluviais e fluviais (NISHIYAMA, 1998). As porções de topo correspondem a superfícies preservadas da chapada.

O substrato rochoso compõe-se basicamente de arenitos e conglomerados da Formação Marília. A litologia conglomerática corresponde à base da formação, estando em contato direto com o basalto da Formação Serra Geral e subjacentes às litologias arenosas.

Quanto aos materiais inconsolidados, segundo Nishiyama (1998), predominam os tipos residuais de textura areno-argilosa, apresentando eventualmente variações texturais ao longo do perfil em função da intercalação de níveis com maior porcentagem de partículas de dimensões de argila e silte e níveis mais arenosos e conglomeráticos.

A área se caracteriza pela baixa densidade de drenagem, o que faz supor a predominância de materiais inconsolidados de elevada capacidade de infiltração da água da chuva. Por outro lado, a presença do substrato conglomerático subjacente pode favorecer o retardamento da velocidade de movimentação da água a essa litologia, mantendo uma zona de saturação subsuperficial “suspensa”.

Em análises feitas por Nishiyama (1998), abordando as feições erosivas presentes na área da unidade indica o predomínio dos processos erosivos sobre outros processos como o pedogenético e deposicional, nas porções mais inclinadas das encostas, mesmo os materiais inconsolidados residuais e retrabalhados mostrarem elevada capacidade de infiltração. Em razão da baixa declividade e da elevada capacidade de infiltração da água, as porções do topo, ao contrário das encostas indicam a pedogênese como predominante em relação à morfogênese, possibilitando maior acumulação de materiais residuais.

Colinas alongadas de perfil convexo – côncavo

Esta unidade está presente na área de estudo ao longo do médio e baixo curso do Ribeirão Bom Jardim, entre as altitudes de 850 e 900m, constituindo superfícies alongadas, com perfil côncavo nas encostas e convexo no topo e declividades moderadas, situadas entre 5% e 10%.

Os materiais inconsolidados encontrados na área são, na sua grande maioria de textura areno-argilosa (textura média). Apresentam espessura entre 10m e 20m, porém, valores de espessura maiores podem estar presentes nas porções mais elevadas da unidade. A parte mais baixa do relevo tende a diminuir de espessura, aumentando o teor de areia, manifestando a influência da Formação Marília.

Uma característica bem marcante desta unidade é a baixa densidade de drenagem (NISHIYAMA, 1998). Grande parte dos canais fluviais desenvolve as suas nascentes niveladas em torno de 880m. A localização dessas nascentes praticamente na base da unidade, faz supor que o nível da água coincida com essa cota nas proximidades das nascentes, e também leva a supor que haja uma camada subjacente menos permeável do substrato rochoso (arenito conglomerático ou conglomerado, ambos com cimentação carbonática).

A baixa densidade de drenagem que se formou sobre os materiais inconsolidados dessa unidade sugere que os mesmos tenham alta capacidade de infiltração de águas pluviais. Como consequência dessas características, os processos erosivos são pouco atuantes na área, fato que pode ser comprovado pela baixa incidência de sinais de erosão, como ravinas e voçorocas. Porém, próximo ao perímetro urbano de Uberlândia desenvolvem-se voçorocas, que no caso são respostas à intensa ação do homem no meio ambiente.

Superfícies aplanadas

São as porções de topos aplanados da chapada, predominando as superfícies aplanadas e extensas, com inclinações suaves nas encostas fluviais, baixa densidade de drenagem e interflúvios espaçados.

Nessa unidade não são visíveis os afloramentos do substrato rochoso, porém há a ocorrência de arenitos imaturos e conglomerados nas porções de borda de chapada, o que sugere a presença de litologias da Formação Marília na sub-superfície.

Nishiyama (1998) constatou quatro tipos de materiais inconsolidados retrabalhados presentes na área da unidade: a cobertura de chapadas, as aluviais, as coluviais e os hidromórficos. Estes materiais caracterizam-se por ocorrer em grande parte da unidade e ocupando níveis topográficos superiores a 900m.

Esses materiais inconsolidados retrabalhados também recobrem as encostas suaves-convexas e vales fluviais, impossibilitando a exposição do substrato rochoso. Ao se aproximar dos canais fluviais, a inclinação do terreno chega a atingir valores iguais ou maiores do que 10% e que observadas à partir de fotografia aéreas, este trecho da encosta mostra-se com maior rugosidade que as demais porções (NISHIYAMA, 1998). Essa textura do relevo se é decorrente da maior proximidade com o substrato rochoso. Na referida porção da encosta, a influência da água se torna mais evidente, o que origina uma zona de saturação hídrica em superfície, fácil de observar no campo.

Segundo Nishiyama (1998), da mesma forma que nas partes mais baixas nas partes dos vales fluviais, as áreas de topo também apresentam saturação em zonas de superfícies, o que origina extensas áreas úmidas favoráveis ao processo de hidromorfia.

A porção de fundo de vale, principalmente a do rio Uberbinha, há a ocorrência de extensas áreas de planícies fluvial, onde se acumulam sedimentos de origem aluvial. Estes

passam para depósitos coluviais e de cones de dejeção, ou leques aluviais, lateralmente no sentido da encosta.

A superfície ampla e aplanada das chapadas da unidade condiciona uma das feições mais marcantes da mesma, que é a presença da zona saturada subsuperficial em zonas de pequena profundidade, isso por que é dificultada a movimentação lateral da água que se infiltra pela superfície do terreno. Este processo também pode ser desencadeado pela possível presença do substrato rochoso pouco permeável e à pequena profundidade, o que impede a percolação da água em direção às zonas profundas.

Na maioria das vezes, a acumulação de água sobre a superfície do terreno acontece em períodos de maior concentração de chuvas, preenchendo parcialmente as feições de embaciamentos desenvolvidas sobre as porções planas de topo de chapadas.

As feições erosivas de caráter acelerado não se manifestam na área, porém os processos erosivos sob a forma laminar ou em sulcos rasos, parecem ser dominantes em relação aos demais processos na maior parte da unidade (NISHIYAMA, 1998).

Os processos deposicionais passam a ser mais significativos apenas nas partes mais baixas da encosta dos vales fluviais e no fundo dos mesmos. Nos vales do rio Uberabinha e do ribeirão Beija Flor estes processo resultam em deposição coluvial e aluvial.

Vertentes assimétricas e abruptas

A principal característica desta unidade é por se apresentar com uma forte assimetria no vale fluvial. Uma das vertentes desenvolve formas suaves e alongadas junto à porção elevada da encosta, com perfil convexo e topos relativamente planos. Na média encosta, esta forma suave sofre uma brusca interrupção dando lugar a uma superfície escarpada com desnível topográfico entre o topo e a base chegando a atingir valores próximos a 20 m. Uma

faixa estreita de colúvio, com textura arenosa se desenvolve na base da escarpa, sobre uma superfície com inclinação moderada, com valores de declividade variando num intervalo de 5 a 10% e largura não chegando a atingir 300m.

Quanto ao desenvolvimento da superfície de alta inclinação, ou seja, a escarpa, Nishiyama (1998) o atribui à presença de litologias mais resistentes aos processos erosivos, pertencentes à Formação Marília e representadas nesta unidade pelos conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos e argilitos e também por níveis concrecionários de laterita.

Já na vertente fluvial oposta à mencionada primeiramente, as encostas apresentam inclinações suaves e uniformes, não apresentando rupturas positivas e negativas de relevo marcantes. De acordo com Nishiyama (1998), depósitos de colúvio se estendem desde o terço inferior da encosta até o canal fluvial, ocupando faixas com larguras inferiores a 600 m. Juntamente às faixas coluviais, desenvolvem-se depósitos do tipo leques aluviais, ou cones de dejeção, de pequena extensão, chegando ao limite de 2.000 m ao longo do seu eixo maior. Os depósitos em leque originam-se no contato da encosta com a porção plana do fundo do vale, coalescendo aos depósitos coluviais e aluviais, ou então sobrepondo-se aos sedimentos aluvionares e orgânicos ali depositados.

Em quase toda a extensão da unidade encontram-se materiais inconsolidados retrabalhados de diferentes origens, sendo resultado de processos geodinâmicos externos, atuantes dentro e fora de seus limites. De outro lado, materiais inconsolidados residuais limitam-se a uma estreita faixa compreendendo as formas escarpadas, onde predominam valores de espessuras inferiores a 2 m.

Referindo-se aos materiais retrabalhados, os depósitos coluviais são os mais amplamente distribuídos na área da unidade, se estendendo desde o limite superior da vertente até a margem fluvial. A espessura dos colúvios situa-se entre o intervalo de 2 a 5m, exibindo

de maneira geral exibem textura areno-argilosa, semelhante aos materiais residuais da área da fonte.

Os depósitos do tipo leques aluviais são formados no encontro dos afluentes com o fundo do vale, por causa dos baixos valores de declividade predominantes. Tais depósitos indicam intensa erosão ao longo das vertentes e nas cabeceiras de drenagem subsidiárias, e o carreamento das partículas até o local de deposição. Esses depósitos têm espessuras menores que 5m.

Os depósitos aluvionares apresentam menor distribuição, falando-se em área de ocorrência, porém parte desses depósitos apresenta-se obliterada pelos depósitos de colúvio e leques aluviais. Sedimentos arenosos associados a pedregulhos e seixos com camadas orgânicas intercaladas constituem a textura dos depósitos aluvionares. Quanto à espessura, os valores também não chegam a atingir 5 m.

Decorrente da saturação de água na maior parte do ano é comum a presença de materiais inconsolidados com sinais de hidromorfia. A exposição da zona saturada propicia o desenvolvimento de vegetação, principalmente gramíneas, além da conservação da matéria orgânica morta e sua acumulação em ambiente redutor. O resultado é a presença de camadas orgânicas intercaladas com materiais hidromórficos.

O afloramento da zona saturada na superfície ou muito próxima a ela, com profundidades inferiores a 2m, são feições comuns para toda a porção que compreende o fundo do vale e parte das vertentes fluviais. As litologias subjacentes pouco permeáveis, representados pelos basaltos da Formação Serra Geral ou pelos arenitos da Formação Marília, são a razão da pequena profundidade da zona saturada.

Ao longo das escarpas é possível notar a presença da zona saturada subsuperficial, onde a camada resistente aos processos químicos de decomposição e, ao mesmo tempo de

baixa permeabilidade mantém a água de infiltração retida na sua porção de topo, deixando saturados os materiais inconsolidados residuais e/ou retrabalhados, originando uma zona de saturação suspensa (NISHIYAMA, 1998). O truncamento das camadas de baixa permeabilidade pela superfície topográfica resultante do entalhamento fluvial favorece a exsudação da água, originando uma faixa úmida situada em níveis superiores da encosta.

Quanto aos processos atuantes no segmento superior da vertente, ou seja, na vertente abrupta, predominam os processos erosivos principalmente na faixa adjacente à escarpa. Porém, apesar de o processo erosivo ser dominante em relação aos demais, não se verifica a existência de sulcos no terreno. Como afirma Nishiyama (1998), essa constatação leva a crer que a ação erosiva ocorra sobre uma superfície extensa, de uma maneira uniforme sob a forma de erosão laminar. Na porção abrupta da vertente, o processo erosivo também é dominante. No segmento adjacente à escarpa, em situação topograficamente inferior e no fundo do vale, os processos de deposição de colúvios e em leques aluviais parecem ser preponderantes.

Na vertente de inclinação moderada, o processo atuante na sua porção superior é erosivo. Semelhante à vertente abrupta, as feições erosivas são raras. Na sua porção inferior, partindo da meia encosta ao fundo do vale, é possível detectar a passagem de certa forma, gradual, para uma faixa onde predominam processos de deposição de colúvio.

Os fundos de vales apresentam os processos deposicionais como dominantes, de três formas distintas: coluvial, aluvial e leques aluviais. De acordo com Nishiyama (1998), materiais depositados nesse segmento da encosta podem gerar pacotes retrabalhados interdigitados. O hidromorfismo apresenta-se como um processo de ampla ocorrência, abrangendo tanto os materiais inconsolidados resultantes de processos aluviais quanto os coluviais.

Vale simétrico de fundo chato

A única diferença entre esta unidade e a anterior é que neste caso as duas vertentes apresentam simetria, enquanto as demais características são semelhantes.

Vale encaixado com perfil de encosta convexo – côncavo

A principal característica desta unidade é apresentar vales encaixados em áreas de relevo moderadamente dissecado, com perfis transversais em forma de “V” ou “U”, predominando o primeiro tipo e forte simetria das vertentes. As porções superiores são limitadas por colinas médias e pequenas, alongadas na mesma direção dos afluentes, constituindo espigões entre as drenagens subsidiárias, com perfil convexo e declividade entre 5% e 10%. A declividade tende a aumentar no sentido do talvegue, atingindo o limite superior do intervalo.

Na média encosta é possível notar uma quebra positiva no relevo, com uma mudança brusca nos valores que tangem à declividade, podendo atingir nesse ponto valores de 20% ou mais, predominando o perfil convexo de encosta. Uma camada métrica constituída de materiais rudáceos, praticamente sem cimentação, forma o ponto de intersecção entre o topo da vertente e a porção mais íngreme da mesma.

Uma terceira faixa se estende desde a base da porção íngreme até o canal fluvial é representada pelas formas côncavas da encosta. A largura dessa encosta depende diretamente da extensão transversal do vale, onde o mesmo se apresenta mais amplo, a faixa com perfil côncavo também se torna mais ampla, é nesta porção do vale que a forma do seu perfil transversal tende à configuração de “U” (NISHIYAMA, 1998). Há trechos que ocorre um estrangulamento, onde a faixa côncava praticamente desaparece, o que faz o vale tender à forma mais aguda, sob a forma de “V”. A declividade na porção onde o vale se mostra com perfil côncavo situa-se entre os valores de 5% a 10%.

Nesta unidade de relevo, a drenagem se mostra pouco ramificada, predominando o padrão paralelo, com os afluentes orientando-se ortogonalmente ao canal principal. A disposição paralela dos canais de 1, 2 e 3 ordens sugere um controle estrutural, sobretudo nas porções onde a influência do basalto se faz de maneira mais intensa.

Em toda a área de extensão desta unidade de relevo os materiais inconsolidados retrabalhados se distribuem amplamente, sendo o tipo coluvial o de maior expressão. Exceto nas partes mais íngremes, este tipo de material ocorre desde o limite superior da vertente até a margem do canal fluvial principal, locais onde estão presentes os residuais de pequena espessura.

Os materiais inconsolidados retrabalhados coluviais de textura areno-argilosa são predominantes na porção mais alta das vertentes fluviais, sobrepondo-se aos materiais residuais areno-siltosos e areno-argilosos, variando as proporções de pedregulhos e seixos em camadas que se intercalam no perfil. Níveis sustentando pedregulhos e seixos situam-se com maior frequência na base do perfil, próximo ao contato com a Formação Serra Geral, formando um pacote lítico com espessura variando entre 3 e 8m.

Em toda a área da unidade é muito rara a exposição dos materiais residuais da Formação Marília, ocorrendo apenas em situações onde os processos erosivos são mais intensos. Este fator não permite que haja a deposição de materiais carreados das porções superiores das vertentes, ou mesmo pela remoção de materiais anteriormente depositados por formas aceleradas de erosão, como ravinas e voçorocas.

Devido os processos de erosão serem preponderantes em relação aos processos deposicionais, junto a faixa de inclinação elevada e perfil de encosta convexo, a presença de materiais residuais argilosos de pequena espessura provenientes da deposição de basaltos, é notada na área. Observa-se também a exposição do substrato rochoso, apresentando diferentes graus de intemperismo. Os materiais inconsolidados residuais da Formação Serra Geral são

recobertos por uma camada delgada de colúvio, a qual raramente ultrapassa 2 m de espessura, composta predominantemente de materiais rudáceos e arenoso.

Os materiais depositados na parte côncava da encosta exibem uma textura argilosa, com quantidades menores de areia, pedregulhos e localmente, blocos centimétricos de basalto em adiantado estado de decomposição.

Em relação às demais litologias, a contribuição predominante dos basaltos na constituição dos colúvios de baixa e média encosta explica a sua textura argilosa.

Os depósitos aluvionares ocorrem em áreas bem menores do que os demais materiais inconsolidados, sendo essas áreas descontínuas, preferencialmente em trechos fluviais com menor energia cinética da água, como nas partes internas das curvaturas dos canais fluviais, ou onde a drenagem sofre um estrangulamento, diminuindo a velocidade na porção situada à montante (NISHIYAMA, 1998).

Fatores como trechos retilíneos anômalos do canal principal e a confluência em ângulo reto dos afluentes com o rio principal sugerem um controle estrutural da rede de drenagem, principalmente quando este retrabalha materiais do substrato mais rígidos, como é o caso dos basaltos.

A presença dos basaltos da Formação Serra Geral subjacentes aos materiais inconsolidados de textura areno-siltosa, areno-argilosa e rudácea com elevados valores de permeabilidade constituem uma barreira natural à infiltração da água. Mesmo o basalto apresentando um elevado grau de fraturamento, a maioria dessas fraturas encontra-se fechadas por materiais provenientes de alterações, como afirma Nishiyama (1998) com base em pesquisas em campo.

Materiais residuais derivados do basalto, de textura argilosa, aparentam uma baixa permeabilidade, ao contrário dos materiais inconsolidados arenosos (areno-argilosos e areno-

siltosos) sobrejacentes. A presença do nível residual argiloso reduz sensivelmente a infiltração da água à níveis mais profundos. Isso implica numa forte influência na recarga do aquífero subterrâneo, e mantendo ao mesmo tempo uma zona saturada subsuperficial. Sua profundidade depende diretamente da espessura do material inconsolidado subjacente ao residual argiloso.

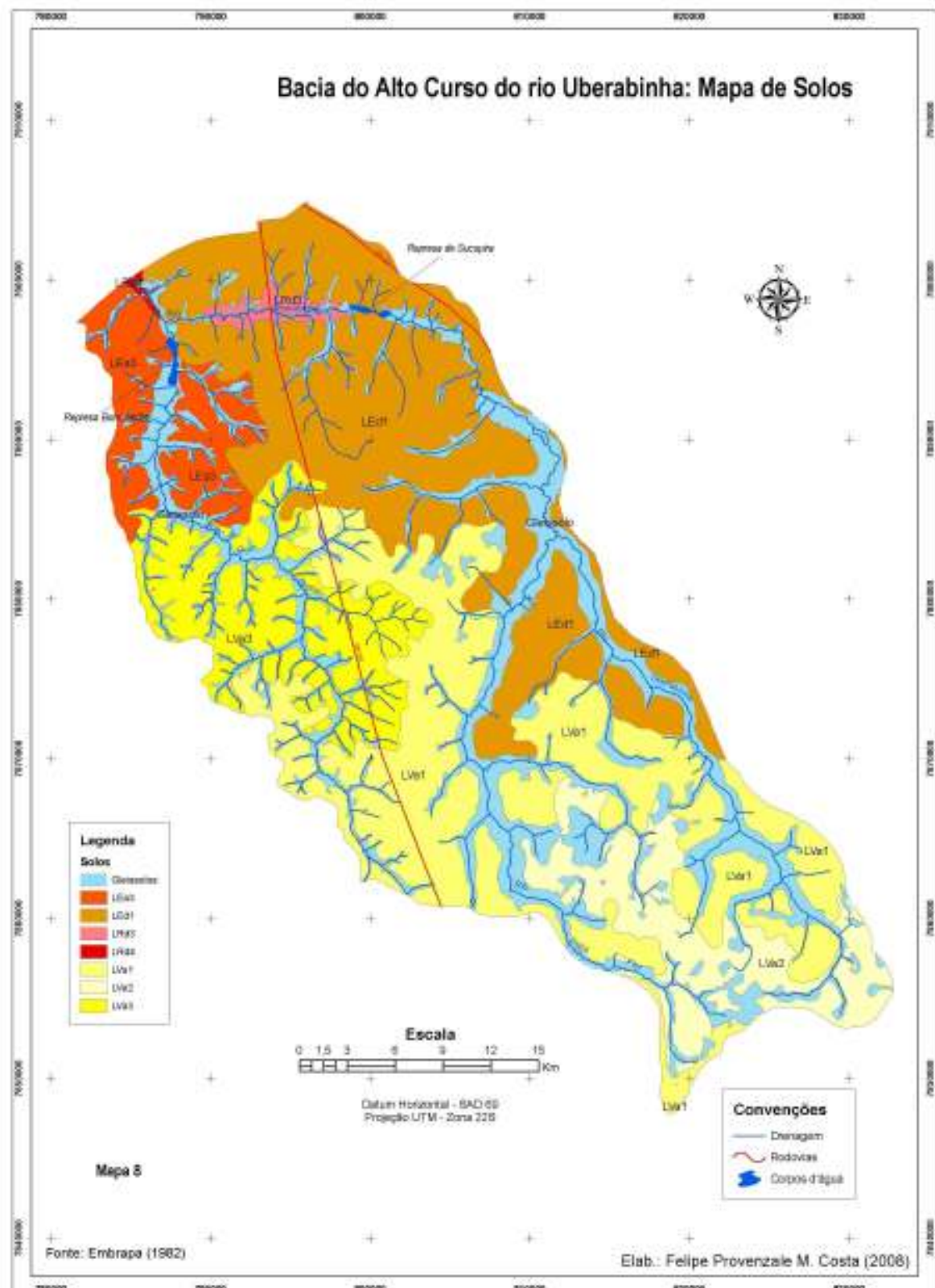
3.4 – Solos

Os solos da bacia do Rio Uberabinha foram caracterizados com base no levantamento de reconhecimento de solos de média intensidade (Mapa 8), realizado pela Empresa Brasileira e Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1982).

Latossolos

São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de transformações enérgicas no material que o constitui, exceto no caso de minerais pouco alteráveis. Tais solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e possuem capacidade de troca catiônica baixa (EMBRAPA, 1999, p.91).

De acordo com Embrapa (1999, p.92), os Latossolos normalmente são muito profundos, variam de fortemente a bem drenados. Em geral, são fortemente ácidos com baixa saturação por bases, Distróficos ou Álicos. São típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, terraços fluviais antigos ou pedimentos, normalmente sobre relevo plano e suave ondulado.



Porém, podem ocorrer também em relevo montanhoso. Originam-se a partir das mais diversas espécies de rochas, sob diversas condições de clima e vegetação. Abaixo estão listados os tipos de latossolos encontrados na área de estudo.

Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

LVa1 – Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura muito argilosa, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.

LVa2 – Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, ocorrendo em cerrado tropical, com relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico epiálico podzólico plíntico, ocorrendo em campo tropical e relevo plano com murunduns, ambos com horizonte A moderado e textura muito argilosa (70-30%).

LVa3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura média, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio e relevo plano e suave ondulado.

Latossolo Vermelho-Escuro Álico

LEa3 – Latossolo Vermelho Escuro Álico, com horizonte A moderado e textura média, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.

Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico

LEd1 – Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura argilosa, ocorrendo em cerradão tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado.

Latossolo Roxo Distrófico

LRd3 – Latossolo Roxo Distrófico ou Distrófico epiálico, 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.

LRd4 – Latossolo Roxo Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura muito argilosa, ocorrendo em fase cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano.

Gleissolos

Os solos desta classe são periódica ou permanentemente saturados por água, salvo se forem artificialmente drenados. A água permanece estagnada inteiramente ou a saturação se dá por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do mesmo (EMBRAPA, 1999, p.89)

Em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo o ano, são adquiridas cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas. Tal fato se dá por compostos ferrosos resultantes da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento. Provoca também, a redução e solubilização de ferro, promovendo translocação e reprecipitação dos seus compostos.

De acordo com Embrapa (1999, p.90), os Gleissolos são solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais, apresentando textura arenosa somente nos horizontes superficiais.

Originam-se de materiais estratificados ou não, e sujeitos a constante ou periódico excesso de água. Desenvolvem-se em sedimentos recentes e nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a hidromorfia. São solos que ocorrem sob

vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea. Foram encontradas as seguintes categorias na bacia do Uberabinha:

Gley Húmico Álico e Distrófico

HGa – Associação complexa de Gley Húmico Álico Tb, com horizonte A proeminente ou turfoso, com textura argilosa + Solos Orgânicos Álicos, ambos em campo higrófilo de surgente e campo higrófilo de várzea + Latossolo Vermelho – Amarelo Álico moderadamente drenado. Horizonte A moderado, de textura muito argilosa, em campo tropical, todos de relevo plano e suave ondulado (40-20%).

HGd1 – Associação de Gley Húmico Distrófico Tb, com horizonte A proeminente ou chernozêmico + Gley Pouco Húmico Distrófico ou Eutrófico Ta ou Tb. 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%).

3.5 – Vegetação

De acordo com Feltran Filho (1997, p.54), a vegetação originalmente presente na superfície em chapadas (feição morfológica dominante na área de estudo) é composta por arbustos e pequenas árvores retorcidas de folhas grandes e grossas, elevando-se de dossel herbáceo que reveste o solo de forma quase completa, formado por gramíneas, predominantemente.

A classificação realizada pela EMBRAPA, em 1982, de acordo com Feltran Filho (1997) apresenta a mais detalhada classificação do cerrado. Subdivide-se em formações

florestais, formações campestres, comunidade hidrófilas, comunidades higrófilas e em formações sucessórias.

As formações florestais, por sua vez, estão divididas em floresta perenifólia e higrófila de várzea, floresta perenifólia, floresta subperenifólia, floresta subcaducifólia, floresta caducifólia e floresta xeromorfa. As florestas perenifólia e higrófila de várzea correspondem às matas ciliares ou galerias. As demais formações florestais, exceto a floresta xeromorfa, distribuem-se preferencialmente nas bordas das chapadas e nas partes mais onduladas do relevo e se diferenciam ora pela altura do seu estrato superior, ora pela presença de espécies arbóreas específicas. A floresta xeromorfa corresponde ao “cerradão”, ocupando os terrenos planos e suavemente ondulados.

Cerrado, campo cerrado e campo limpo são as subdivisões das formações campestres. O cerrado é a formação por excelência da região (FELTRAN FILHO, 1997), e constitui-se por árvores tortuosas, apresentando uma casca espessa no seu estrato superior, variando de 5 a 6 metros. Os estratos médio e inferior são compostos por arbustos e vegetais herbáceos-graminosos, variando em função da cobertura arbórea. Ocupam terrenos planos a ondulados. Os campos cerrados são uma formação mais pobre na composição da flora, sendo esta característica atribuída ao fator edáfico. O seu estrato herbáceo-graminoso é mais denso do que o presente no cerrado; ocorre em terrenos planos, suave ondulado ou planos com murunduns. Por fim, o campo limpo é dominado por gramíneas, cobrindo elevações mais suaves ou em continuidade ao campo cerrado, nas vertentes mais abruptas.

De acordo com Feltran Filho (1997), as comunidades hidrófilas são formadas por veredas e campos de várzea. A primeira apresenta-se em depressões e vales em quase todo o Triângulo Mineiro, preferencialmente na parte central. É formada por uma comunidade de espécies hidrófilas, de fisionomia constantemente verde, rodeando e acompanhando nascentes, constituída por estrato arbóreo-arbustivo, envolvida por área graminosa. O estrato

arbóreo é na maioria das vezes formado por buritis, mais denso na área pantanosa decrescendo em direção ao limite da vereda. Com solos hidromórficos, o campo de várzea é constituído por tapete graminoso-herbáceo, junto a área permanentemente úmida. Sua composição é variável, sendo entremeado por subarbustos e raros arbustos.

As comunidades higrófilas são constituídas por dois tipos principais: o campo de surgente e o campo periodicamente alagado. O campo de surgente diferencia-se do campo de várzea por ser encontrado em cotas de altitude mais elevadas, nas bordas das chapadas. A sua presença está associada ao excesso de umidade provocada pelo lençol freático. Localiza-se nas encostas pela ruptura do declive e nos topos, pela proximidade do lençol. O campo periodicamente alagado, também conhecido com campo de várzea, possui vegetação semelhante à anterior, diferenciando-se apenas por apresentar uma flora arbustiva mais densa e ocupar a parte marginal dos rios (FELTRAN, 1997).

Por último, as formações sucessórias foram divididas em dois grupos, sendo eles a capoeira e campo antrópico. Ambos constituem-se em tipos especiais de comunidades de vegetação, que se instalam em determinadas áreas da região após a remoção da vegetação original e esta área abandonada. A capoeira apresenta-se após a remoção do estrato arbóreo primitivo, é mais frequente no nordeste e no sudoeste do Triângulo Mineiro. O campo antrópico é constituído de vegetação secundária, formada por uma mistura de gramíneas nativas e invasoras, em áreas abandonadas após serem utilizadas para o cultivo (FELTRAN, 1997).

O trabalho de Cole (1958 apud FELTRAN FILHO, 1997) classifica o cerrado sob o ponto de vista da sua fitofisionomia, definindo a densidade de árvores e de arbustos pela maior ou menor facilidade de penetração no seu interior. A sua classificação obedece à seguinte ordem: cerradão, campo cerrado, cerrado e campo sujo, e cerrado e campo limpo.

Considera os dois primeiros como floresta tropical semidecídua, e os dois seguintes como savana de gramíneas altas.

A mistura de gramíneas altas e baixas e de árvores baixas e contorcidas, de 4 a 8 metros de altura constituem o campo cerrado. O mesmo é fechado e denso, pois as árvores se encontram próximas umas das outras, e ao mesmo tempo aberto, pois não possuem copas fechadas permitindo a penetração de luz até o solo. Muitas árvores possuem folhas grandes, chegando a 35 cm de comprimento por 25 de largura.

Segundo Feltran Filho (1997), Cole (1958) não faz especificações sobre a classe de cerradão, porém destaca que as mesmas espécies de gramíneas encontradas no campo existem no cerradão. O cerrado é caracterizado como um tipo de campo cerrado alto e denso. As árvores apresentam a mesma fisionomia dos campos cerrados, porém chegam a atingir de 10 a 15 metros. O campo sujo é descrito como um campo com árvores espalhadas que raramente atingem 2 metros de altura, sendo que as árvores e os arbustos, na medida em que aparecem em menor número, menor variedade e mais baixos, determinam a passagem gradual do campo sujo para o campo limpo.

Goldland e Ferri (1979) apud Feltran (1997, p.59), classificaram os cerrados segundo um gradiente de biomassa: campo sujo, campo cerrado, cerrado e cerradão. Observam, no entanto, que entre um e outro a passagem não se faz de forma brusca, sendo relativamente difícil fazer uma delimitação precisa.

Queiroz Neto (1982) apud Feltran Filho (1997) procurou enquadrar os solos e a vegetação do cerrado dentro de um panorama evolutivo da paisagem. Considera os chapadões com latossolos e cerrado como testemunho de extensas superfícies de erosão, atribuindo à sucessão de ciclos bioclimáticos e morfogenéticos, mais secos e mais úmidos, a responsabilidade em boa parte pela evolução da paisagem. Durante o período de maior umidade, a incisão feita pelos cursos fluviais teria atacado regressivamente as superfícies de

erosão, mais antigas, deixando-a descoberta e o substrato rochoso livre para o processo de intemperismo.

Nas vertentes com solos ricos em nutrientes, propiciou-se a instalação de florestas. Na porção de topo das chapadas, o intemperismo atua sobre materiais cada vez mais alterados. Nessas áreas, a vegetação que se instalara deveria adaptar-se cada vez mais aos solos distróficos, na sequência de floresta, cerradão e cerrado. A adaptação progressiva de tais espécies a solos cada vez mais empobrecidos é conhecida pela morfologia que apresentam (FELTRAN FILHO, 1997).

Porém, Schneider (1982), ao analisar a dinâmica ocorrida na transformação da organização espacial da cobertura vegetal do município de Uberlândia, revela a agilidade com que os processos de ocupação antrópica se desenvolveram a partir de 1964. O trabalho mostra que a vegetação foi cedendo lugar aos reflorestamentos e culturas anuais, na medida em que a área passou a ser povoada. Este aspecto é detalhado no item 4.1, mostrando a evolução da ocupação no período de 1964 a 2007 dentro dos limites da bacia do rio Uberabinha.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Uso do Solo

O levantamento do uso do solo em uma determinada região vem se tornando em um aspecto de interesse fundamental para compreensão dos padrões de organização do espaço, sendo, portanto, necessária a atualização constante dos registros de uso e ocupação do solo para que as suas tendências possam ser analisadas (ROSA, 2007).

Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de informações a respeito de registros de uso da terra. [...] O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias 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 esta sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007, p.163):

Com base em tais afirmações, foi realizado o mapeamento do uso e ocupação do solo na área da bacia do alto curso do rio Uberabinha. O gráfico 2 mostra o resultado do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural no ano de 2007, da área do alto curso da bacia do rio Uberabinha. A tabela 4 descreve a área ocupada por diferentes categorias de uso delimitadas por Schneider em 1996, em 3 períodos distintos: 1964, 1979, 1994 e os resultados obtidos para 2007.

Analisando o gráfico 2 e a tabela 4, nota-se que a cultura anual cresceu até 1994, sofrendo um decréscimo em 2007 de cerca de 12 km². A silvicultura em geral perdeu espaço em 2007, incluindo plantio de eucaliptos e pinus. A pastagem sofreu um considerável aumento, sendo que de 180 km² em 1994, alcançou o valor de 216 km² em 2007.

Merece destaque a variação da área ocupada por cerrados. Em 1964 este tipo de cobertura natural ocupava 942 km², passando para 416,55 km² em 1979, 50 km² em 1994 e caindo ainda mais em 2007, ocupando uma área de apenas 37 km².

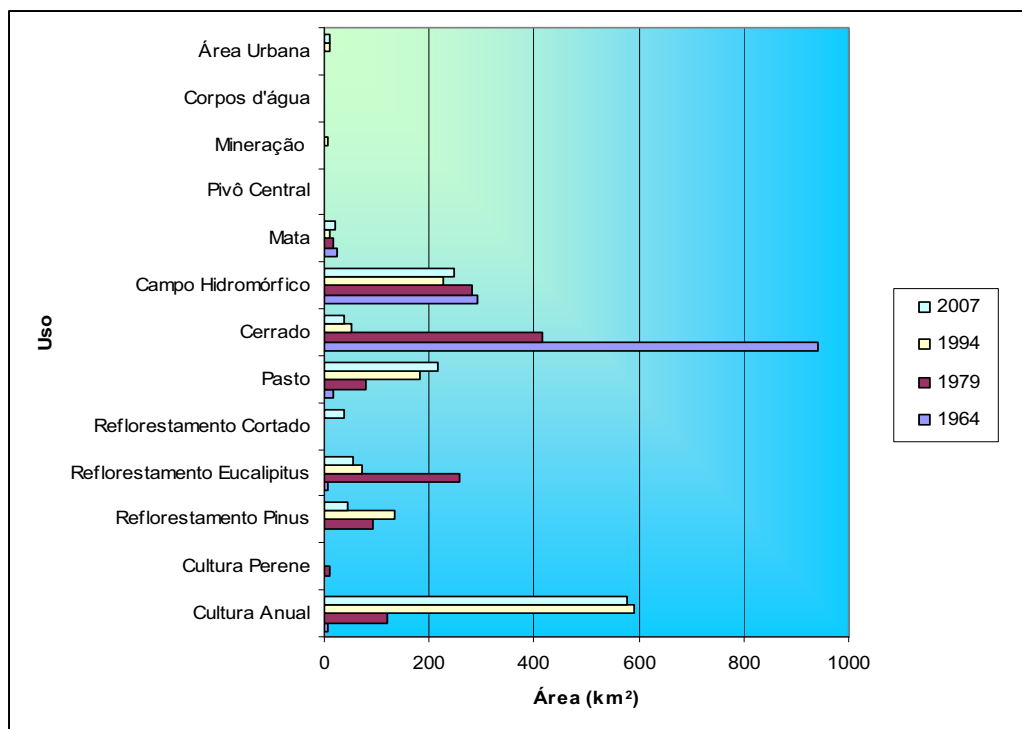


Gráfico 2 – Distribuição do uso do solo e cobertura vegetal natural do Alto Curso do Rio Uberabinha, em 1964, 1979, 1994 e 2007.

Fonte: SCHNEIDER, 1996; Imagens Landsat 5, 2007. Org. COSTA, 2008.

Tabela 4 – Uso do Solo e Cobertura Vegetal do Alto Curso do Rio Uberabinha, 1964, 1979, 1994 e 2007

Categoria/Ano	Área Ocupada							
	1964		1979		1994		2007	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Cultura Anual	6,07	0,47	118,88	9,36	588,16	46,50	575,92	45,54
Cultura Perene			8,98	0,70	2,83	0,22	1,13	0,08
Reflorestamento Pinus			94,38	7,43	134,93	10,62	45,95	3,61
Reflorestamento Eucaliptus	5,96	0,46	259,21	20,41	71,07	5,59	53,8	4,23
Reflorestamento Cortado							39,27	3,09
Pasto	16,27	1,28	78,34	6,16	180,52	14,21	216,39	17,03
Cerrado	939,68	74,18	414,09	32,79	50,75	3,99	37,41	2,94
Campo Hidromórfico	290,72	22,89	282,09	22,21	228,28	17,97	247,12	19,45
Mata	25,14	1,97	16,35	1,28	8,74	0,68	22,1	1,74
Pivô Central							4,47	0,35
Mineração					5,19	0,40	4,93	0,38
Corpos d'água					2,98	0,23	2,23	0,17
Área Urbana			4,31	0,33	10,97	0,86	9,09	0,71
Total	1267,54	100	1267,54	100	1267,54	100	1267,54	100

Fonte: SCHNEIDER, 1996; Imagens Landsat 5, 2007. Org. COSTA, 2008.

As áreas de mata e campos hidromórficos sofreram queda em 1979 e 1994. Porém, em virtude do estabelecimento de leis públicas que garantam a preservação de áreas próximas a nascentes e cursos d'água, estas podem estar influenciando um maior respeito aos seus limites pelos proprietários de terra da referida bacia. Os locais destinados à mineração sofreram um pequeno decréscimo. A área urbana sofreu uma leve queda por não ter sido levado em consideração as áreas de chácaras.

Quanto aos resultados obtidos, destaca-se que a área mapeada (Mapa 9) sofreu uma forte ocupação agrícola nos últimos anos, sendo poucas as áreas onde se encontravam respeitados os limites impostos pela legislação ambiental, principalmente no que concerne aos cerrados, que foram praticamente todos devastados.

Apesar do pequeno crescimento dos campos hidromórficos, foi constatado nos trabalhos de campo que uma considerável parte foi incorporada à agricultura da região, principalmente próximo às nascentes do rio Uberabinha. Um fator preocupante são os agrotóxicos que são lançados nessas áreas, causando contaminação da água do rio Uberabinha, que por sua vez vai abastecer a área urbana de Uberlândia (Figuras 10 e 11).



Figura 10 – Vala de drenagem construída em campo hidromórfico

Autor: COSTA, 2008.

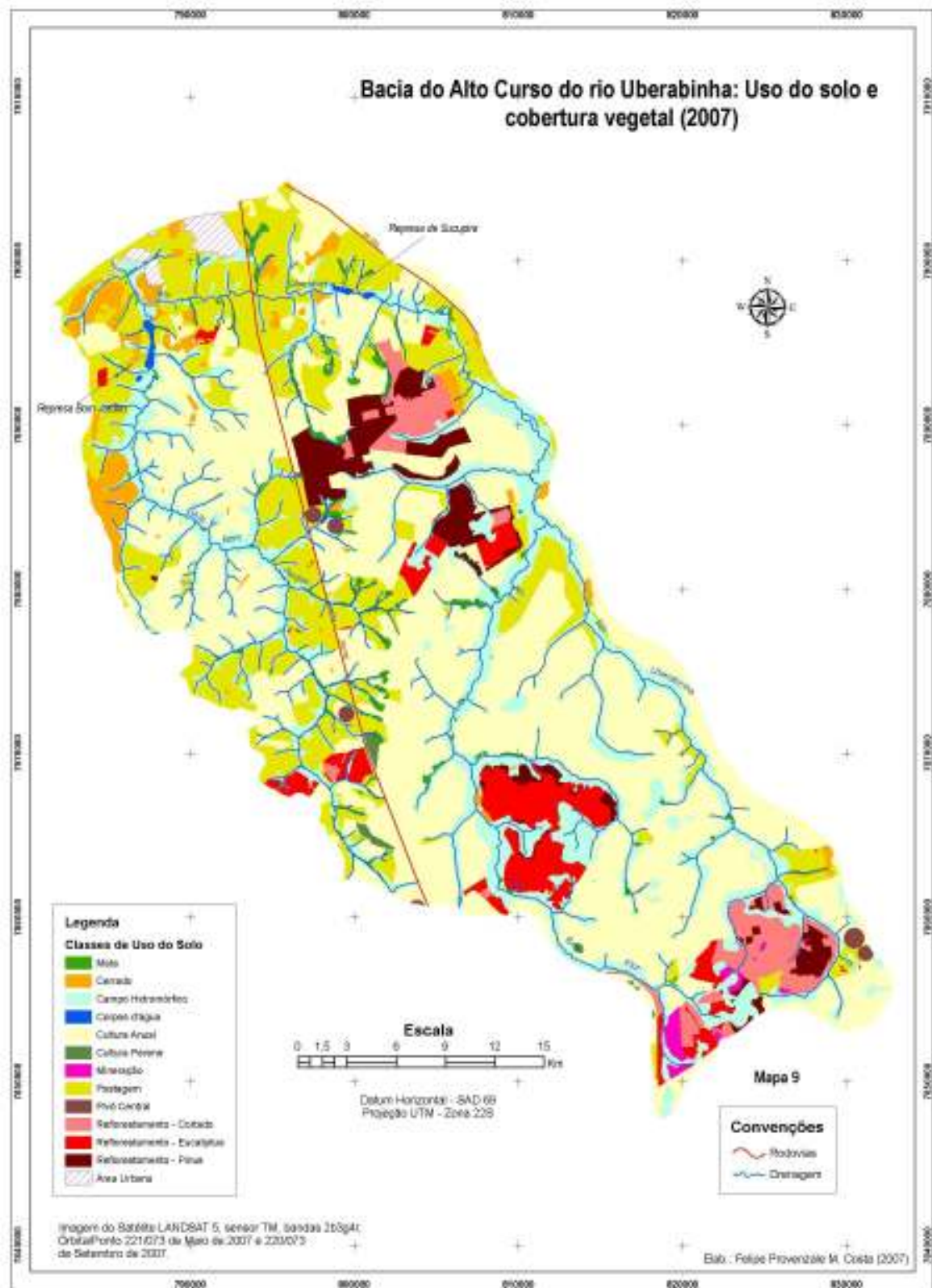




Figura 11 – Erosão acelerada em APP. do Ribeirão Beija Flor.

Autor: COSTA, 2008.

Foram observados vários locais que deveriam constituir áreas de preservação permanente (APP), segundo o Código Florestal Brasileiro – Lei 4771/1965 e Resolução Conama 303, sendo utilizados como pastagens, principalmente em campos hidromórficos (Figura 12).



Figura 12 – Uso de APP's como pastagem. Atentar para a invasão da *brachiara* sobre essas áreas.

Autor: COSTA, 2008.

Em consulta ao *site* do SIGMINE do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) foram constatadas várias áreas com processos protocolados no mencionado órgão, em diferentes fases de pesquisa mineral (Mapa 10). No total, 152,91Km² de área da bacia encontram-se em fase de autorização de pesquisa mineral, requerimento de lavra e lavra. Os processos em fase de concessão de lavra são os que somam a maior área, sendo 66% do total.

Em seguida estão os processos em fase de autorização de pesquisa, com 20%. Por último, os processos em fase de requerimento de lavra e licenciamento são os que somam as menores áreas, com 11,7 e 0,8%, respectivamente. Na tabela 5 é possível observar a que se destina, em termos de área, a maioria dos processos no DNPM.

Nota-se que a maior parte das atividades visa à extração de argila e argila refratária, que juntas somam 91,3% do total das áreas em questão. As demais atividades juntas não chegam a atingir 10%, porém, a área pretendida para a extração de diamante, que se encontra na fase de autorização de pesquisa, merece destaque. Entre as atividades menos significantes em termos de área, esta é a que ocupa a maior porcentagem entre as mesmas, sendo de 6,5% do total, com cerca de 10 Km².

Em seguida estão os processos em fase de autorização de pesquisa, com 20%. Por último, os processos em fase de requerimento de lavra e licenciamento são os que somam as menores áreas, com 11,7% e 0,8%, respectivamente. Na tabela 5 é possível observar a que se destina, em termos de área, a maioria dos processos no DNPM.

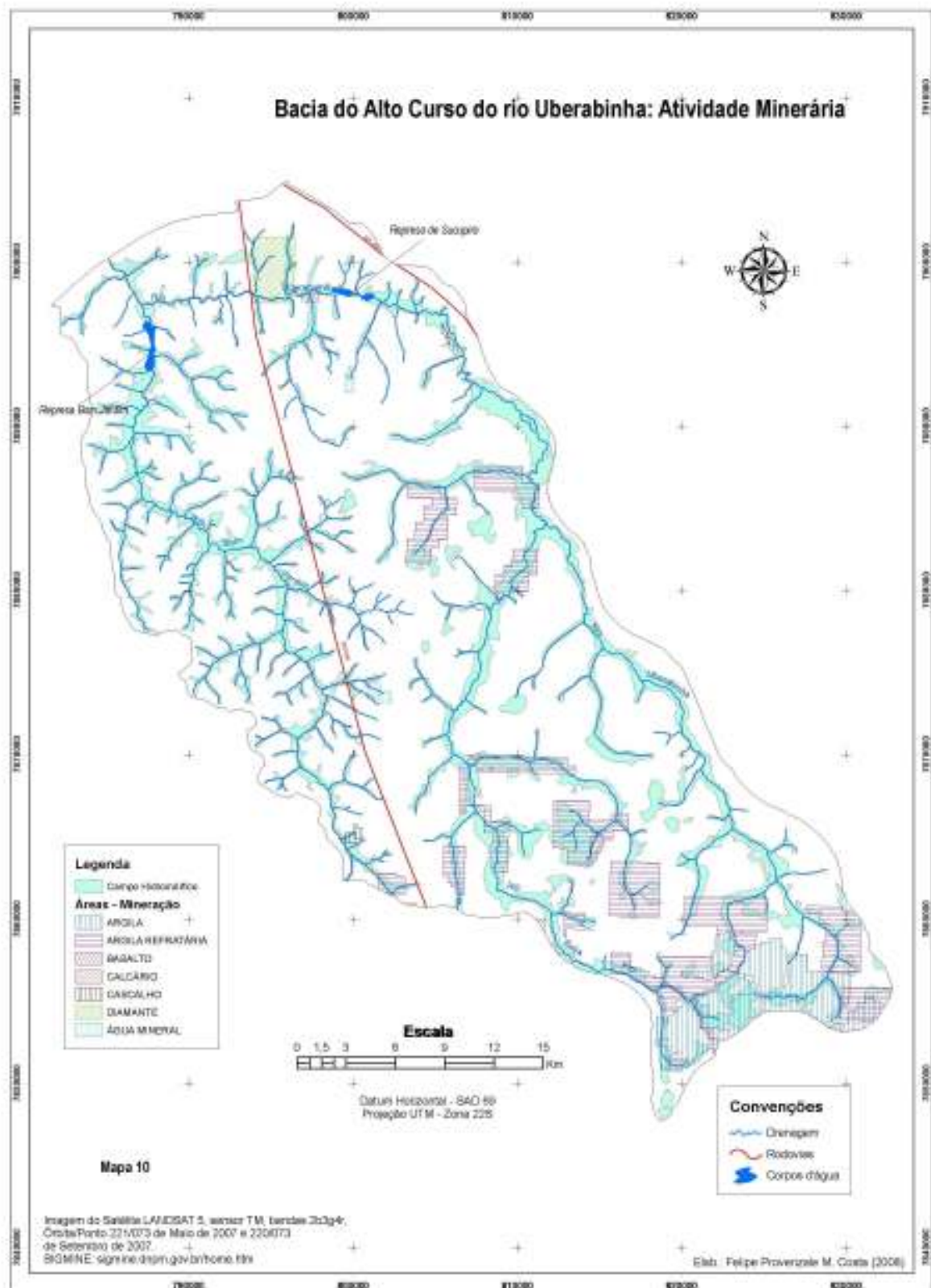


Tabela 5 – Processos no DNPM (Bacia do Uberabinha)

Substância	Área (Km²)	(%)
Água Mineral	1,47	0,9
Argila	44,07	28,9
Argila refratária	95	62,4
Basalto	0,5	0,3
Cascalho	1	0,8
Calcário	0,26	0,1
Diamante	10,01	6,6
Total	152,31	100

Fonte: DNPM, 2007.

Nota-se que a maior parte das atividades visa à extração de argila e argila refratária, que juntas somam 91,3% do total das áreas em questão. As demais atividades juntas não chegam a atingir 10%, porém, a área pretendida para a extração de diamante, que se encontra na fase de autorização de pesquisa, merece destaque. Entre as atividades menos significantes em termos de área, esta é a que ocupa a maior porcentagem entre as mesmas, sendo de 6,5% do total, com cerca de 10 Km².

Observando o Mapa 10, é possível constatar que dentre todas as atividades, tanto as que ocupam pequenas áreas como as de grande dimensão situam-se em locais que podem se tornar um problema para os principais mananciais da bacia do Uberabinha. As áreas destinadas à extração de argila e argila refratária situam-se, em grande parte, nas cabeceiras de cursos d'água, como o ribeirão Beija-Flor, ribeirão Bom Jardim e o próprio rio Uberabinha.

As atividades de menor expressão, como extração de cascalho, basalto, exploração de água mineral e diamante, carecem de atenção anterior à sua implantação, visto que se situam

também em áreas de preservação permanente ou em suas imediações, como campos hidromórficos e matas ciliares.

4.2 – Nível da Água Freática (N.A.)

Para determinadas formas de ocupação, segundo Nishiyama (1998), a presença da zona freática sob condições de pequenas profundidades constitui, por si só, um fator limitante. Mesmo sendo conhecida a importância da profundidade do nível da água como um atributo determinante para algumas formas de ocupação, em grande parte do país é comum a ausência de informações referentes à mesma, excetuando-se os grandes centros urbanos.

Ainda de acordo com Nishiyama (1998), estas localidades dispõem de uma densidade razoável de dados, obtidos principalmente por sondagens SPT (*Standard Penetration Test*). Porém, a maioria não apresenta confiabilidade quanto à sua localização e determinação da profundidade da água.

O termo água subsuperficial geralmente é empregado para designar toda a água encontrada abaixo da superfície do terreno. Assim sendo, o conceito de água subsuperficial, de acordo com Bear e Verruijt (1994), sugere uma conotação muito abrangente, uma vez que consideram diferentes situações de ocorrência e graus de saturação, tais como: água do solo, água pelicular, gravitacional e capilar (zona de aeração); além da zona de saturação. [...] Em função disto, optou-se por empregar de forma restrita o termo “água subsuperficial” no presente estudo em função deste não impor limites entre as diferentes zonas situadas abaixo da superfície do terreno. [...] Por outro lado, parece ser mais apropriado o emprego do termo zona saturada (freática), em razão deste se referir a um intervalo, dentro de limites em que a água ocupa todos os vazios existentes nos materiais inconsolidados e/ou rochosos, no mesmo sentido de Domenico e Schwartz (1983) (NISHIYAMA, 1998, p.247).

De acordo com este raciocínio, foi feito o levantamento destas informações da bacia do alto curso do rio Uberabinha, como pode ser observado no Mapa 11 e na tabela 6:

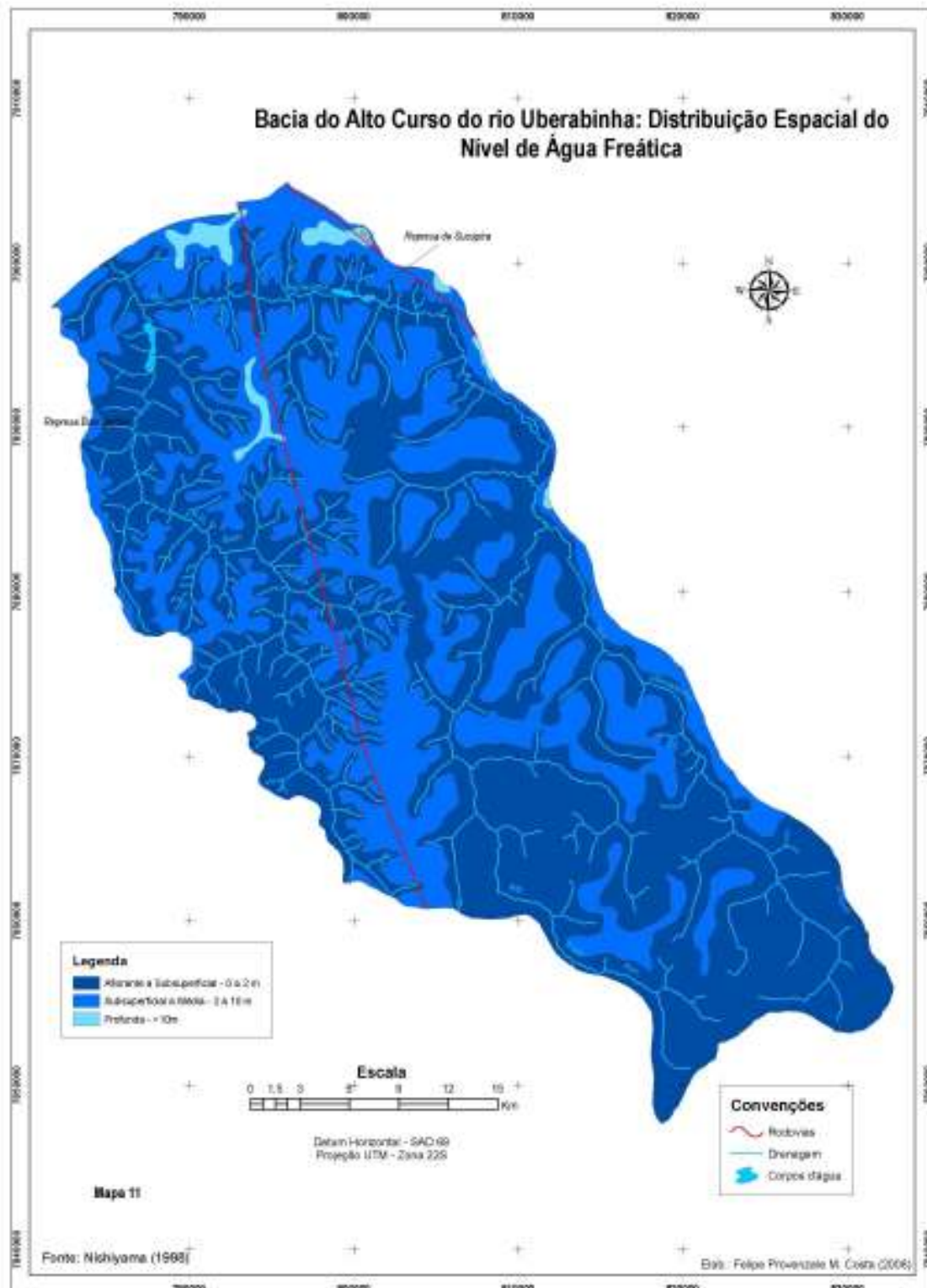


Tabela 6 – Profundidade do N.A. na área da bacia do Rio Uberabinha

Categorias	Nível da Água (m)	Área (Km²)	%
Aflorante a Subsuperficial	0 a 2	777,31	61,56
Subsuperficial a Média	2 a 10	380,06	29,91
Profundo	Maior que 10	110,17	8,69
Total	-	1267,54	100

Fonte: NISHIYAMA, 1998.

De acordo com a tabela 5, mais da metade da área de estudo possui a zona saturada muito próxima da superfície. A categoria **Aflorante a Subsuperficial**, por sua vez, constitui grandes extensões de terras ocupadas por campos hidromórficos e covaais. É bastante expressiva em termos de área ocupada, perfazendo cerca de 61% do total. Associam-se às porções de fundo de vale e topos de chapadas. Nishiyama (1998) destaca que estas áreas relacionam-se as ocorrências de arenitos e de conglomerados da Formação Marília, sempre com os basaltos da Formação Serra Geral em situação de pequena profundidade (subsuperfície).

Segundo Nishiyama (1998), as superfícies amplas de relevo, como as chapadas da bacia do Uberabinha, favorecem a infiltração de águas pluviais e reduzem a taxa de escoamento superficial. A baixa declividade do terreno condiciona a migração subsuperficial lateral de forma lenta, e a presença de uma camada de baixa permeabilidade subjacente retêm a água em uma zona superior a mesma, criando os campos hidromórficos, que acompanham o leito dos cursos d'água, e os covaais. Estes se fazem presentes principalmente na cabeceira do rio Uberabinha e de seu principal afluente do alto curso, o ribeirão Beija-Flor.

Ao contrário do que ocorre nas chapadas, os terrenos com configurações diferentes (predominância de colinas), que começam a se fazer presentes na confluência do rio Uberabinha com o ribeirão Beija-Flor, e dominam praticamente toda a extensão do ribeirão

Bom Jardim e os seus afluentes (Mapa 7), normalmente apresentam maiores velocidades de movimentação da água de infiltração, resultando em menor tempo de residência (NISHIYAMA, 1998). De forma geral, pode-se dizer que a profundidade do nível da água subsuperficial acompanha a configuração da superfície do terreno.

A categoria que varia de 2 a 10 metros de profundidade (**Subsuperficial a Média**), ocupa 29,91% da bacia, acompanhando os canais de drenagem e contornando as áreas cujo nível da água se apresenta **Aflorante a Subsuperficial**. O intervalo de 2 a 5 metros, dentro desta categoria, acompanha os canais de drenagem ocupando faixas de largura variáveis, dependendo exclusivamente das características da declividade, formas dos vales e presença de níveis ou camadas de baixa permeabilidade a pequenas profundidades. Quanto ao intervalo de 5 a 10 metros, o mesmo ocupa níveis topográficos mais elevados, nas proximidades dos divisores de água, porções mais salientes das chapadas e em suas bordas.

Como componentes da terceira categoria de profundidade do N.A., está o intervalo entre 10 e 20 metros e profundidades superiores a 20 metros. O primeiro está presente principalmente nos altos topográficos, junto aos divisores de água das chapadas e espigões. Profundidades superiores a 20 metros são de ocorrência muito restrita na área estudada, perfazendo isoladamente 1,28% do total. Os locais que apresentam este intervalo de profundidade estão situados em partes no interflúvio entre as bacias do Bom Jardim e Uberabinha, e próximos da cidade de Uberlândia. Nishiyama (1998) atribui a ocorrência dessa profundidade do N.A. ao desenvolvimento de uma situação drenante, condicionada pela presença de vales bem entalhados pelos cursos d'água.

Como o dito anteriormente, o nível da água controlado pelo substrato rochoso não foi considerado devido ao fato de não ser possível a observação do nível da água. Segundo Nishiyama (1998), trata-se de áreas onde predominam coberturas inconsolidadas residuais e retrabalhados de pequena espessura, onde é possível observar a exposição de materiais do

substrato rochoso, que no caso da área em estudo, se trata de basaltos da Formação Serra Geral. A água de infiltração percola através de sistemas de fraturas, e denomina-se de zona de percolação profunda controlada pelas rochas. No entanto, no que concerne a sua superfície de extensão, pode-se afirmar que a mesma não desempenha caráter significativo na bacia do rio Uberabinha à montante da cidade de Uberlândia, quanto ao volume de água percolada, sendo que sua área limita-se a apenas 0,23% do total. Vale ressaltar que o nível da água freática sofre variações na sua profundidade ao longo do ano, estando relacionada ao regime hídrico, porém, situando dentro dos intervalos propostos.

4.3 – Declividade

O método proposto, como já mencionado, leva em consideração a declividade do terreno, juntamente com outros atributos físicos. A partir da relação matricial entre condutividade hidráulica e declividade, elaborar-se-á o mapa de classificação genérica dos potenciais de infiltração escoamento superficial de água no solo. A tabela seguinte (Tabela 7) demonstra a área ocupada pelas classes de declividade.

Tabela 7 – Área Ocupada pelas classes de declividade na bacia do rio Uberabinha

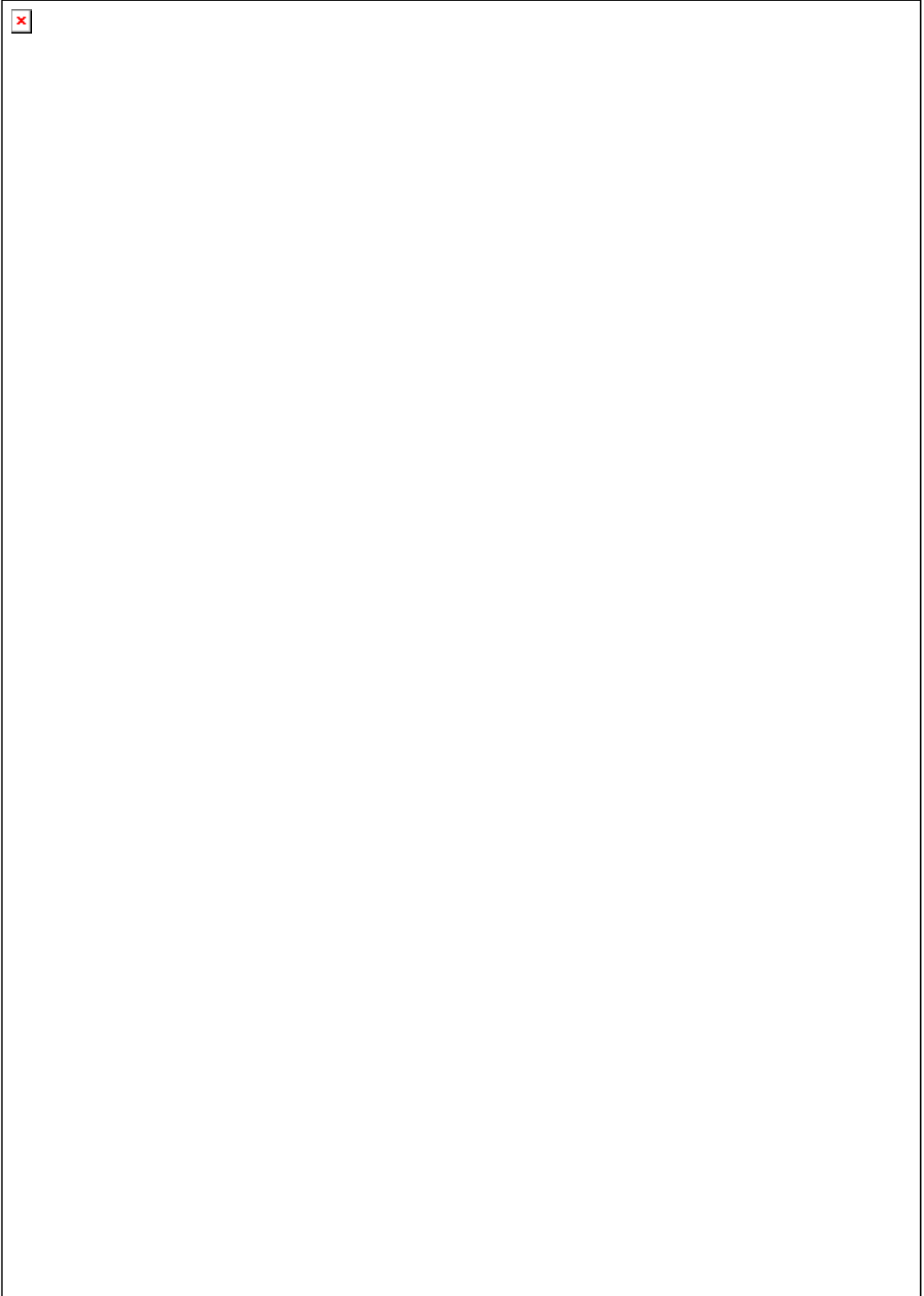
Intervalos de Classes em %	Área Ocupada	
	Km	%
< 3	1001,93	78,59
3 – 8	264,55	20,75
> 8	8,30	0,65
Total	1274,78	100

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

Analisando os dados da tabela 7, nota-se que a maioria da área da bacia do rio Uberabinha encontra-se na classe de 0 a 3% de declividade, constituindo 78,59%, restando apenas 20,75 % para o intervalo de 3 a 8 e apenas 0,65% para 8 a 100% de declividade.

É possível fazer uma relação entre o mapa **Declividade** (Mapa 12) com o mapa de **Compartimentos de Relevo** (Mapa 7). A unidade de **Superfícies Aplanadas** é toda ocupada pela classe de declividade considerada **Baixa**, ou seja, de 0 a 3%. A classe **Média** aparece nas demais classes mapeadas: **Colinas amplas e perfil de encosta convexo**, **Colinas alongadas de perfil convexo – côncavo**, **Vertentes assimétricas e abruptas**, **Vale simétrico de fundo chato**, **Vale encaixado com perfil de encosta convexo – côncavos**.

A classe de declividade **Alta** restringe-se apenas às unidades de **Colinas amplas de encostas convexas** (ao longo dos afluentes da margem esquerda do rio Uberabinha) e **Vale encaixado e encosta convexo côncava**, já próximo da área urbana de Uberlândia e da confluência com o ribeirão Bom Jardim.



4.4 - Condutividade Hidráulica

O mapa de Condutividade Hidráulica (Mapa 13) foi elaborado a partir dos ensaios de permeabilidade realizados “in situ”, com o uso do Permeâmetro Guelph, levando-se em consideração os tipos de solos e o uso dos mesmos. Com base no referido mapa, foi elaborada a tabela 8, a qual mostra a área ocupada pelas classes de condutividade hidráulica.

Tabela 8 – Área ocupada pelas categorias de Condutividade Hidráulica da bacia do rio Uberabinha

Categorias	Área (Km²)	%
Baixa	632,51	49,90
Média	300,11	23,67
Alta	34,55	2,75
Áreas não mapeadas	300,37	23,68
Total	1267,54	100

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

Os dados da tabela 8 mostram que praticamente a metade da área em estudo (49,90%) concentra-se na classe de condutividade hidráulica considerada **Baixa**, com uma velocidade de infiltração de 0,25 a 2,5cm/h (GOMES et al, 1996). Estas áreas são, em sua grande maioria, ocupadas por culturas anuais e pastagens degradadas. Todos os solos analisados, quando ocupados por culturas anuais, apresentaram valores de infiltração muito baixos.

A figura 13 retrata o local de retirada de uma amostra de solo superficial, ao lado do orifício aberto para a realização do teste de permeabilidade. É possível notar a característica da camada superficial, com ausência total de raízes espessas e atividade de insetos, como cupins e formigas, o que pode contribuir para a baixa condutividade hidráulica presente nas áreas de cultura anual.



Figura 13 - Retirada de amostra de solo superficial em área de cultura anual

Autor: COSTA, 2008.

As áreas com condutividade hidráulica **Média**, ocupando 23,67% porção da bacia analisada, restringem-se às áreas de cerrado em determinados tipos de solos, pastagens bem manejadas, reflorestamento de pinos e eucaliptos.

A figura 14 corresponde ao um local de retirada de amostra em área de reflorestamento. Observa-se uma considerável densidade de raízes na camada superficial do solo, provenientes das próprias árvores de pinos e/ou eucaliptos, e até mesmo de gramíneas presentes nestas áreas. O mesmo acontece nas áreas de pastagens bem manejadas, onde as espécies de capim são responsáveis por uma maior presença de raízes nos primeiros 10cm do solo, que apesar da ocorrência de pisoteio por parte do gado, ainda mantém essas áreas com condutividade hidráulica média.



Figura 14 - Retirada de amostra de solo superficial em área de reflorestamento.

Autor: COSTA, 2008.

Por último, apenas 2,75% do total da área é ocupado pela categoria de **Alta** condutividade hidráulica. Tais áreas são ocupadas por solos que mantêm ainda as suas características naturais. São áreas de vegetação nativa, como cerrado, florestas perenifólia e higrófila de várzea, que correspondem às matas ciliares ou galerias (FELTRAN FILHO, 1997).

A figura 15 refere-se a uma área de mata galeria ou ciliar. Observamos uma maior concentração de raízes em comparação com as áreas de cultura anual e reflorestamento. A manutenção das características naturais dos solos, promovido pela presença de espécies vegetais nativas e pela ação de insetos, proporcionou a ocorrência de uma maior condutividade hidráulica.



Figura 15 - Retirada de amostra de solo superficial em área de mata galeria.

Autor: COSTA, 2008.

Nessa etapa de análise, cabe uma abordagem de como cada unidade de solo reage à infiltração de água condicionada pelo uso e ocupação.

A unidade de Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (**LEd1**), que acompanha principalmente o curso do rio Uberabinha e um de seus afluentes, o ribeirão Beija – Flor, quando ocupada por cerrado, pastagens, reflorestamento de eucaliptos e pinos, matas ciliares ou galerias, apresenta condutividade hidráulica **Média** (2,5 a 12,5 cm/h), com 63,84% da área da referida unidade de solo. Áreas ocupadas por agricultura intensiva apresentaram velocidade de infiltração **Baixa** em todos os pontos analisados (36,15%). Foi a única unidade de solo analisada em que não ocorreu a presença de áreas com condutividade hidráulica **Alta**.

Na região próxima ao local onde a BR050 intercepta o curso do rio Uberabinha, ocorre o afloramento de basaltos da **Formação Serra Geral** (Mapa 06), a qual deu origem aos Latossolo Roxo Distrófico ou Distrófico epialco (**LRd3**) e Latossolo Roxo Distrófico epialco (**LRd4**). É predominantemente ocupada pela categoria de **Média** condutividade hidráulica, correspondente às áreas de pastagens e cerrado, sendo 95,62%. As matas ciliares

ou galerias foram responsáveis pelo aparecimento da categoria de **Alta** condutividade hidráulica 3,38%. Em somente 1% a respectiva unidade de solo apresentou a categoria **Baixa** condutividade hidráulica, coincidentemente na área de cultura anual.

Quando se observa a unidade **LRd4**, notamos a semelhança com a unidade anterior quanto às áreas ocupadas por pastagens. As mesmas também apresentam condutividade hidráulica **Média**. Porém, notamos uma divergência quando analisamos as áreas de vegetação natural ocupada por cerrado, as quais apresentaram valores altos de condutividade hidráulica (acima de 12,5 cm/h), acompanhadas pelas áreas de matas ciliares ou galerias.

Próximo da confluência do ribeirão Bom Jardim com o rio Uberabinha ocorre a unidade de solo **LEa3**, que segundo Embrapa (1999), apresenta horizonte A moderado e textura média, ocorrendo em cerrado tropical subcaducifólio, em relevo plano e suave ondulado. Na vertente esquerda do ribeirão Bom Jardim, o uso se dá predominantemente por pastagens, e uma área considerável é ainda ocupada por vegetação natural (Fazenda Tatu, pertencente ao Exército Brasileiro). Há ainda uma pequena área ocupada por reflorestamento de eucaliptos, porém é aberta ao trânsito de bovinos.

Nesta parte da área estudada, a condutividade hidráulica se manteve principalmente na categoria **Média**, sendo responsáveis as áreas de pastagens por tal resposta à percolação da água. As áreas ocupadas por cerrado e matas ciliares ou galerias apresentaram condutividade hidráulica **Alta**.

Na vertente ao lado direito do mesmo curso d'água, predominam as áreas de cultura anual, nas quais o comportamento da percolação da água apresentou valores que se encaixaram na categoria **Baixa**. As pastagens apresentaram o mesmo comportamento que foi constatado na vertente oposta, bem como o cerrado e as matas ciliares ou galerias.

A unidade de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico epiálico (**LVa3**) ocorre estritamente do alto ao médio curso do ribeirão Bom Jardim. A vertente direita do ribeirão Bom Jardim, nesta unidade de solo, predominam as pastagens, principalmente na região onde os afluentes do referido ribeirão são cortados pela BR050. Na vertente esquerda, a atividade agrícola é mais presente na ocupação da área. Como foi notado também nas outras unidades, a pastagem foi responsável pela maior parte das áreas com **Média** condutividade hidráulica. Nesta unidade, os cerrados apresentaram condutividade hidráulica **Alta**, juntamente com as áreas de mata ciliares ou galerias.

No interflúvio entre o ribeirão Bom Jardim e o ribeirão Beija-flor, e em parte do interflúvio entre este último e o rio Uberabinha situa-se a unidade Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico epiálico (**LVa1**), com horizonte A moderado e textura muito argilosa. Por se situar na região de superfícies aplanadas (Mapa 7), com declividade inferior a 3%, é basicamente ocupada por culturas anuais, seguido de reflorestamento de pinos e eucaliptos. Em sua grande maioria, é ocupada pela categoria de **Baixa** condutividade hidráulica (80,95%). Os locais de reflorestamento, juntamente com as áreas de cerrado e pastagem (restrita à confluência do ribeirão Beija Flor com o rio Uberabinha) foram os responsáveis pelo surgimento das áreas com condutividade hidráulica **Média** (17,5%). A categoria **Alta** ficou restrita às áreas de matas ciliares ou galerias (2%).

A unidade **LVa2**, segundo Embrapa (1999), é a associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, ocorrendo em cerrado tropical, com relevo plano e suave ondulado + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico epiálico podzólico plântico, ocorrendo em campo tropical e relevo plano com murunduns, os quais são muito comuns na cabeceira da bacia do rio Uberabinha. Esta unidade também tem características de relevo muito plano, portanto também é fortemente ocupada pela agricultura intensiva. Na nascente do rio Uberabinha a

atividade predominante é o reflorestamento de pinos, o qual já foi, em grande parte, cortado para a comercialização.

Diferentemente das outras unidades de solo analisadas, as pastagens se comportaram da mesma forma que as áreas de culturas anuais, quanto à percolação de água, com **Baixa** condutividade hidráulica (55,27% da área). As matas ciliares e os cerrados permaneceram como os únicos locais onde a condutividade hidráulica situa-se na categoria **Alta** (5,26%). Como na unidade anterior, os reflorestamentos, incluindo as áreas onde as árvores já foram retiradas, foram os responsáveis pela presença da classe de condutividade hidráulica **Média** (39,47%).

Os dados contidos no quadro 8 mostram a relação entre a condutividade hidráulica e a porosidade encontrada nas amostras de solo, retiradas no mesmo local onde foram realizados os ensaios de infiltração. De modo geral, podemos dizer que as diferentes unidades de solo se comportaram de forma diferente quanto à relação entre a condutividade hidráulica e a porosidade.

A unidade LEa3 (Latossolo Vermelho Escuro Álico), que apresenta textura média (EMBRAPA, 1999), variou de 39,1% a 61,6%, acompanhando os resultados de condutividade hidráulica. A cultura anual, apresentando condutividade hidráulica baixa, foi a que obteve a menor porosidade (39%). As áreas de reflorestamento e pastagem, com condutividade hidráulica média, apresentaram 49,5% e 48,1% de porosidade, respectivamente. Já os solos de cerrado e mata foram os que apresentaram os maiores valores de porosidade, sendo 59,0% e 61,6%, confirmando a alta condutividade hidráulica.

O Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico epiálico (LEd1), com horizonte A moderado e textura argilosa, apresentou comportamento tanto quanto diverso, onde as áreas com média condutividade hidráulica variaram de 55,6% a 61,2% de porosidade. Apesar de os valores de

porosidade serem semelhantes à unidade anterior, a maior quantidade de argila seria a responsável por uma maior dificuldade de percolação da água.

Quadro 8 - Relação entre tipo de solo, uso do solo, condutividade hidráulica e porosidade

Tipo de Solo	Uso do solo	Condutividade Hidráulica	Porosidade (%)
LEa3	Cultura Anual	Baixa	39,1
	Reflorestamento	Média	49,5
	Pastagem	Média	48,1
	Cerrado	Alta	59,0
	Mata	Alta	61,6
LEd1	Cultura Anual	Baixa	53,3
	Reflorestamento	Média	61,2
	Pastagem	Média	42,7
	Cerrado	Média	60,5
	Mata	Média	55,6
LRd3	Cultura Anual	Baixa	53,6
	Reflorestamento	-	-
	Pastagem	Média	57,4
	Cerrado	Média	59,6
	Mata	Alta	68,2
LRd4	Cultura Anual	-	-
	Reflorestamento	-	-
	Pastagem	Média	57,8
	Cerrado	-	-
	Mata	-	-
LVa1	Cultura Anual	Baixa	57,1
	Reflorestamento	Média	60,2
	Pastagem	Média	60,2
	Cerrado	Média	63,5
	Mata	Alta	64,8
LVa2	Cultura Anual	Baixa	51,4
	Reflorestamento	Média	53,8
	Pastagem	Baixa	50,6
	Cerrado	Alta	58,4
	Mata	Alta	62,9
LVa3	Cultura Anual	Baixa	36,3
	Reflorestamento	-	-
	Pastagem	Média	40,9
	Cerrado	Alta	42,8
	Mata	Alta	43,4

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

Nas proximidades do reservatório de Sucupira, a unidade LRd3, com Latossolo Roxo Distrófico ou Distrófico epiálico, horizonte A moderado e textura muito argilosa, associado

com Solos Litólicos Eutróficos, teor argiloso e cascalhento, a porosidade detectada acompanhou a resposta à percolação de água. Esta unidade não possui áreas de reflorestamento, sendo apenas a pastagem e o cerrado os responsáveis pela presença da categoria de média condutividade hidráulica, com 57,4% e 59% de porosidade. Os locais ocupados por matas ciliares ou galerias foram as que apresentaram maior porosidade (68,2%).

Somente as pastagens foram analisadas na unidade LRd4 (Latossolo Roxo Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura muito argilosa), pelo difícil acesso das áreas de mata e pela sua pequena área ocupada. Apresentou a mesma resposta à percolação e praticamente a mesma porosidade da unidade anterior. Esta unidade se encontra nas proximidades da área urbana e à jusante de ambas as captações de água para abastecimento urbano.

Na unidade de LVa1, de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico epiálico, com horizonte A moderado e textura muito argilosa, a porosidade manteve-se praticamente constante em todos os usos analisados variando apenas de 57% áreas de culturas anuais até 64,8% em áreas de mata, no que tange à porosidade. Porém, ainda com pouca variação no percentual de porosidade, nota-se o que a mesma acompanhou a resposta deste solo à infiltração de água. Apesar da pequena diferença notada, as áreas de cultura anual foram as que apresentaram a menor porosidade, e as áreas de mata, a maior porosidade.

A unidade LVa2, a qual se concentra principalmente no interflúvio entre o rio Uberabinha e o ribeirão Beija-Flor, apresentou pouca variação entre a porosidade de locais onde a condutividade hidráulica é baixa, e os locais onde a mesma é média. Diferentemente da unidade anterior, os cerrados apresentaram porosidade mais baixa, porém a condutividade hidráulica se manteve na categoria alta, juntamente com as matas (58,4% e 62,9%, respectivamente). As pastagens acompanharam as áreas de cultura anual, com porosidade de

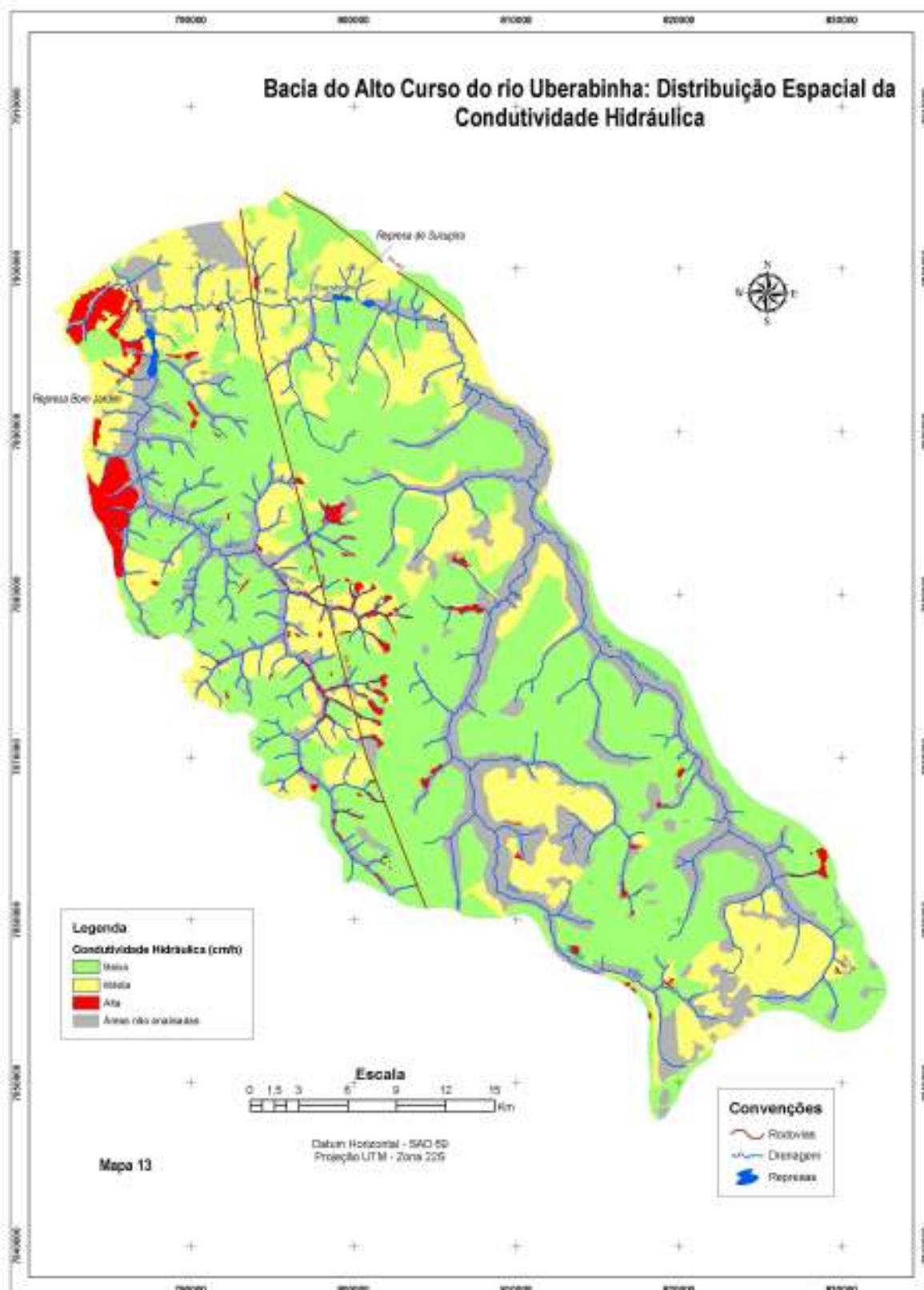
50,6% e condutividade hidráulica baixa. Também apresenta horizonte A moderado e textura muito argilosa.

A unidade LVa3 apresentou comportamento adverso, pois os solos de cerrado e mata apresentaram valores baixos de porosidade em comparação com os demais, sendo 42,8% e 43,4%, porém, condutividade hidráulica alta. O mesmo aconteceu com as áreas de cultura anual, sendo o menor valor de porosidade encontrado em toda a bacia estudada.

Os resultados obtidos permitem afirmar que o uso do solo é um forte condicionante à capacidade de infiltração, falando-se dos solos da bacia do alto curso do rio Uberabinha (Mapa 13). A figura 16 mostra três locais de teste de infiltração e coleta de amostras de solo, na unidade LVa1. É possível observar a ocorrência de lavoura de soja, de mata ciliar e reflorestamento de eucalipto (ao fundo). Quando da realização dos testes, foram encontrados valores de K de 2,09cm/h na lavoura de soja, 9,93cm/h na área de reflorestamento e 14,29cm/h na mata ciliar.



Figura 16 - Locais de amostragem de solo e ensaios de infiltração na unidade LVa1.
Autor: COSTA, 2008.



4.5 - Potencial de Infiltração de Águas Pluviais.

O **Potencial de Infiltração** (Tabela 9) foi determinado de acordo com a matriz de relacionamento entre a **Condutividade Hidráulica** e a **Declividade**, como mostra o Quadro 2. Nos locais onde são reunidas as condições de declividade entre 3 e 8% e condutividade hidráulica baixa (com uma velocidade de infiltração de 0,25 a 2,5 cm/h), obtivemos as áreas com baixo potencial de infiltração.

Tabela 9 – Área ocupada pelas categorias de Potencial de Infiltração da bacia do rio Uberabinha

Categorias	Área (Km²)	%
Baixo	88,90	7,09
Médio	611,12	48,21
Alto	263,71	20,80
Áreas não mapeadas	303,81	23,96
Total	1267,54	100

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

Com o aumento da declividade, passando para a classe que vai de 8 a 3%, juntamente com as categorias de condutividade hidráulica média e baixa, resultaram ainda áreas com baixo potencial de infiltração. É a classe menos expressiva em termos de área 7,09%, pois fica restrita às áreas mais inclinadas nas cabeceiras e ao longo dos cursos d'água.

De acordo com Gomes et al (1996), os potenciais de infiltração e de escoamento superficial de água no solo mantêm relação inversa entre si, e os locais com potencial de escoamento superficial classificado como alto pode haver risco de erosão e perda de fertilidade do compartimento solo, além do transporte de contaminantes até os mananciais.

Na figura 17, observa-se um processo erosivo na margem de uma estrada próxima ao curso do rio Uberabinha, em um local em que o potencial de infiltração é baixo devido à declividade do terreno, portanto, com potencial de escoamento alto. Esta área localiza-se logo abaixo de uma lavoura de soja, a qual ocupa a parte mais alta da vertente. Vale ressaltar que o

processo erosivo, nesse caso em específico, foi facilitado pela presença da estrada e o afloramento do lençol freático, o qual passa a correr superficialmente, aumentando a probabilidade de transporte de resíduos provenientes da área de cultura anual sobrejacente até o rio Uberabinha.



Figura 17 - Processo erosivo em estrada próximo ao curso do rio Uberabinha.

Autor: COSTA, 2008.

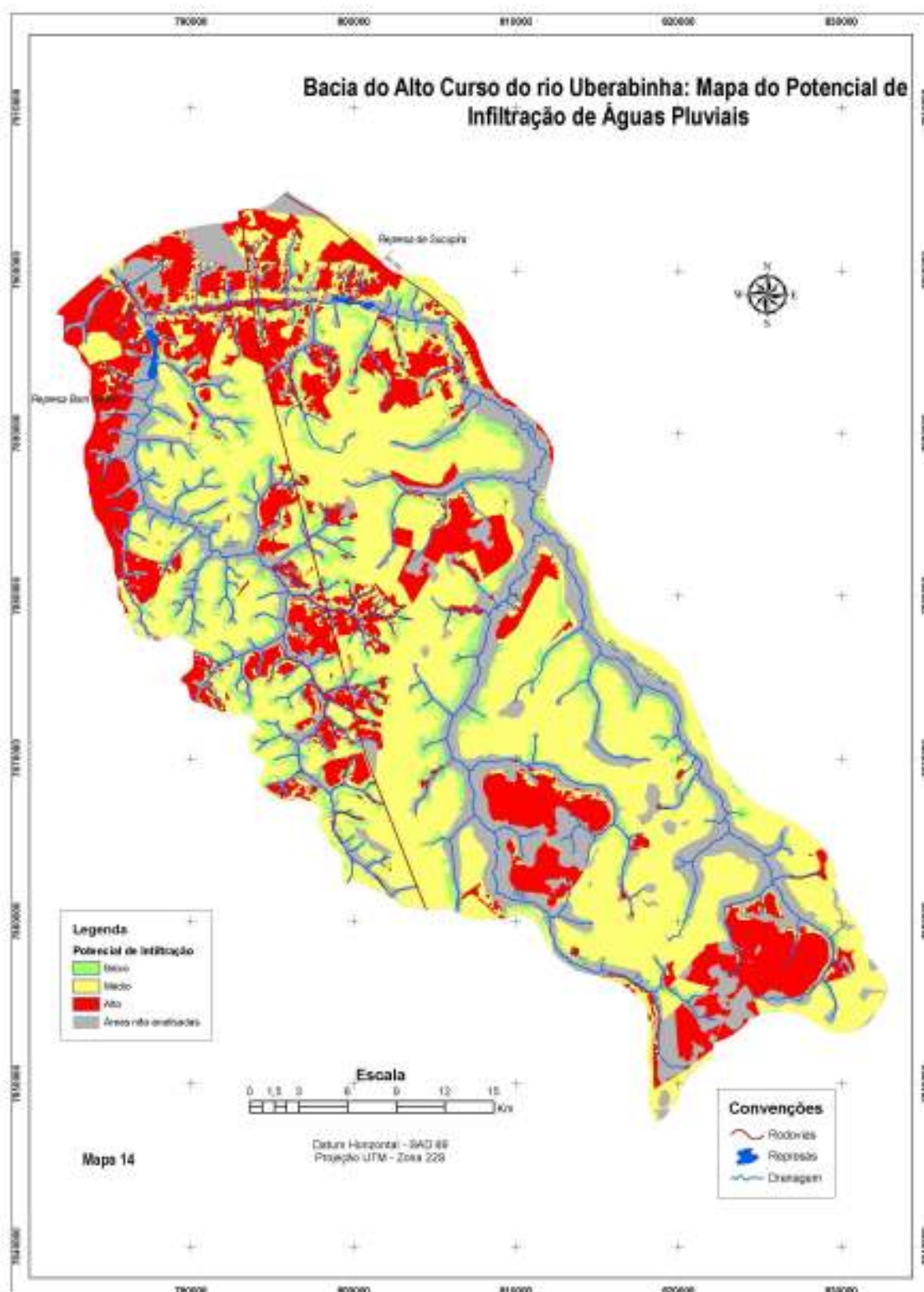
A área ocupada pela categoria de potencial de infiltração médio é a mais significativa na área estudada, ocupando 48,20%, como mostra a Tabela 9. Pode ser explicado pelo fato da bacia apresentar relevo com baixa declividade e condutividade hidráulica baixa. A categoria de potencial de infiltração baixo aparece principalmente na cabeceira do rio Uberabinha e seu afluente, o ribeirão Beija-flor, no interflúvio entre esses dois cursos d'água e também no interflúvio entre o ribeirão Bom Jardim, o Beija-flor e o rio Uberabinha.

Cabe aqui ressaltar que estas áreas são fortemente ocupadas pela agricultura intensiva de culturas anuais, e como pode ser observado no item anterior, apresentaram valores baixos de condutividade hidráulica. Também são responsáveis pela presença dessa categoria os

loais de condutividade hidráulica baixa e com declividade inferior a 3%, e condutividade hidráulica média com a declividade dentro de 3 a 8%. Podemos explicar este comportamento pelo fato das águas pluviais escoarem com uma velocidade menor do que aconteceria na categoria anterior, permitindo que uma maior quantidade das mesmas infiltre no solo e não atinja os cursos d'água via escoamento superficial.

Mesmo alguns locais apresentando declividade relativamente acentuada (acima de 8%), a taxa de condutividade hidráulica alta permitiu o surgimento de áreas de médio potencial de infiltração, na qual a característica natural do solo preservada pela vegetação nativa facilita uma boa percolação da água, apesar da inclinação do terreno.

Finalmente, as áreas com alto potencial de infiltração ocupam 20,80% da área em estudo, aparecendo onde há 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%). Dando origem também a esta categoria, estão as áreas com declividade entre 3 a 8% e condutividade hidráulica alta. A espacialização dos dados pode ser observada no Mapa 14.



4.6 - Vulnerabilidade à Contaminação das Águas Superficiais e Subsuperficiais

Conforme proposto na metodologia do presente estudo, a identificação das áreas de risco à contaminação (Mapa 15) se somaria as informações de profundidade do lençol freático (Figura 8). Portanto, os dados do Mapa 11 foram acrescentados à matriz, relacionando-os com os dados obtidos no mapa de potencial de infiltração de águas pluviais. A relação entre as classes de ambos os mapas seguiu a mesma lógica para a determinação do potencial de infiltração, onde foram levadas em consideração a declividade e a condutividade hidráulica das áreas, conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Áreas vulneráveis em relação ao potencial de infiltração e profundidade do lençol freático.

Pot. Inf./ Prof. Lençol	Baixo	Médio	Alto
Aflorante a Subsuperficial	Média	Alta	Alta
Subsuperficial a Médio	Baixa	Média	Alta
Profundo	Baixa	Baixa	Média

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: Costa, 2008.

De acordo com a tabela 10, as áreas com baixa vulnerabilidade a contaminação das águas foram as menos expressivas (2,12%), ficando restritas principalmente aos locais onde o lençol freático se apresenta com profundidade maior (interflúvio entre rio Uberabinha e Bom Jardim e próximo à represa de Sucupira), juntamente com os locais de baixo e médio potencial de infiltração. A relação entre os locais com baixo potencial de infiltração e profundidade do lençol freático subsuperficial a médio também foram responsáveis pelo surgimento da classe com baixo risco de contaminação, manifestando-se principalmente nas cabeceiras de cursos d'água e ao logo dos mesmos.

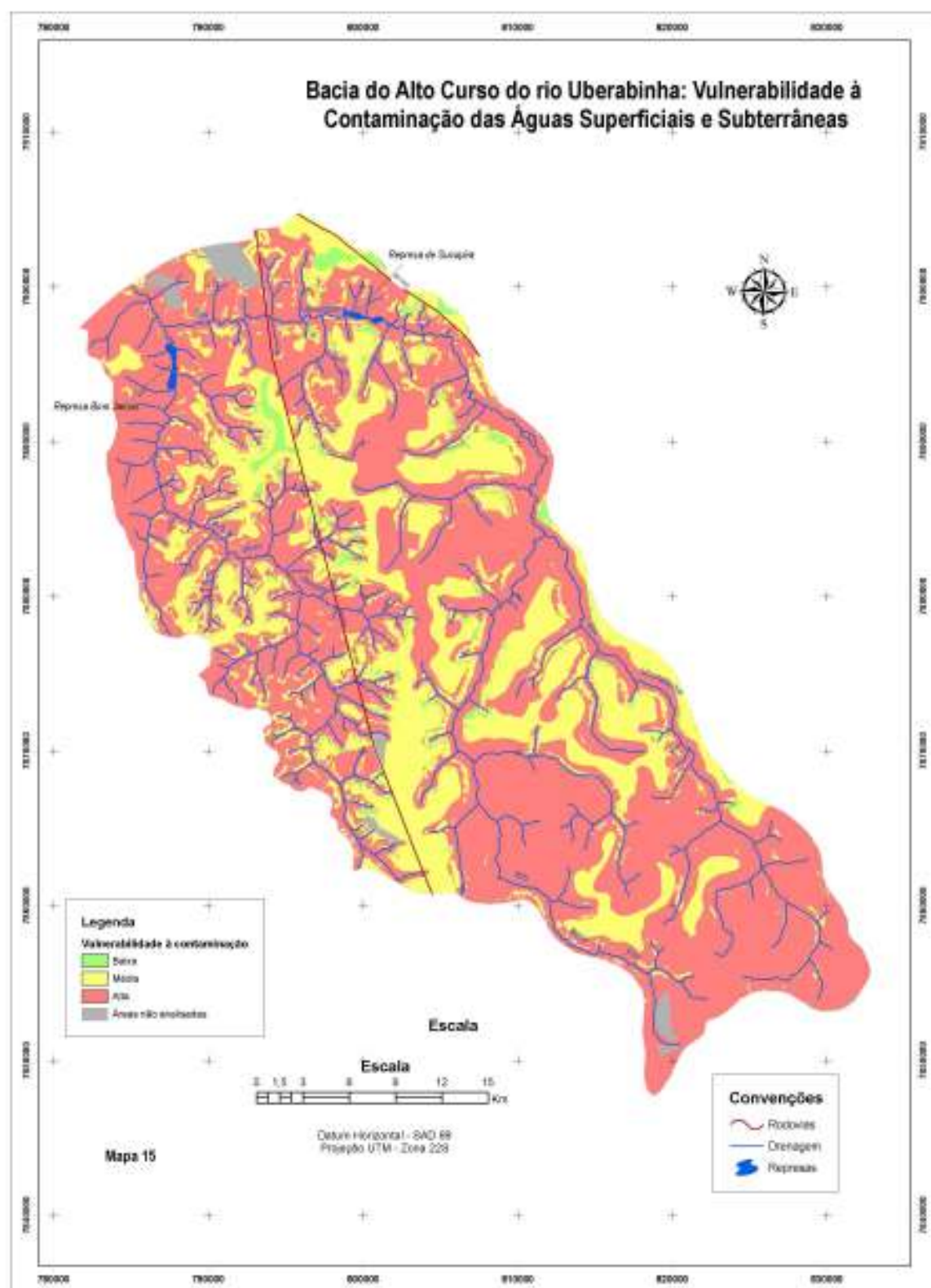


Tabela 10 – Área ocupada pelas categorias de Vulnerabilidade à Contaminação

da bacia do rio Uberabinha

Categorias	Área (Km²)	%
Baixo	26,90	2,12
Médio	374,73	29,56
Alto	849,66	67,03
Áreas não mapeadas	16,25	1,28
Total	1267,54	100

Fonte: Pesquisa Direta, 2008. Org.: COSTA, 2008.

A vulnerabilidade Média ocorreu onde houve a sobreposição de áreas com lençol subterrâneo aflorante a subsuperficial com baixo potencial de infiltração, lençol subsuperficial a médio com médio potencial de infiltração, e lençol subterrâneo profundo com alto potencial de infiltração, perfazendo 29,56% da área.

Porém, a sobreposição das categorias de potencial de infiltração médio e lençol subterrâneo subsuperficial a médio foi a responsável pela maior parte da área ocupada pela vulnerabilidade à contaminação Média. Ocupa principalmente áreas de interflúvios, e sua maior ocorrência concentra-se entre as bacias dos ribeirões Bom Jardim e Beija-flor, Beija-flor e rio Uberabinha, e rio Uberabinha e ribeirão Bom Jardim.

Por fim, as áreas com Alta vulnerabilidade a contaminação se concentrou principalmente nas cabeceiras do rio Uberabinha e ribeirão Beija-flor (67,03%), como consequência da proximidade do lençol freático da superfície (o que pode ser observado pela presença dos covaais). Esta classe também acompanhou os cursos d'água, pois se passou a levar em consideração os campos hidromórficos como locais vulneráveis a contaminação, pelo fato de que as suas águas podem ser facilmente atingidas por poluentes via escoamento superficial proveniente principalmente das encostas onde o potencial de infiltração é baixo, e, conseqüentemente, alto potencial de escoamento superficial

5 – CONCLUSÃO

Inicialmente há de se destacar que o Permeâmetro tipo *Guelph* é um instrumento muito útil ao estudo de bacias hidrográficas devido à sua facilidade e praticidade de transporte e operação, não sendo necessário um treinamento exaustivo para a sua utilização. A rapidez na execução de ensaios e na obtenção dos resultados diretamente no campo, enfatiza a vantagem do uso desse equipamento, o que constitui um requisito fundamental para estudos no âmbito do gerenciamento de bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos.

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal permitiu concluir que praticamente toda a área de cerrado, que ocupava cerca de 75% da área da bacia estudada, cedeu lugar principalmente ao plantio de culturas anuais, pastagens e reflorestamentos, ocupando em 2007, apenas 2,94%. As áreas de campos hidromórficos vêm sendo gradativamente incorporadas à agricultura da região, principalmente próximo às nascentes do rio Uberabinha, o que é preocupante pela quantidade de agrotóxicos que podem estar sendo lançados nessas áreas, causando contaminação da água que vai abastecer a área urbana de Uberlândia.

As técnicas de Sistemas de Informação Geográfica aqui utilizadas foram essenciais para a geração dos mapas de uso do solo, declividade, condutividade hidráulica, potencial de infiltração e do mapa final de vulnerabilidade à contaminação, uma vez que a geração destes só foi possível pela sobreposição dos mapas temáticos pelo software ARCGIS 9.2. As funções de álgebra de mapas realizadas pelo *raster calculator*, da extensão *Spatial Analyst*, que foram utilizadas neste trabalho, mostraram-se eficientes para o tratamento o tratamento das informações obtidas em campo e a geração dos mapas.

As informações produzidas neste trabalho e contidas nos mapas temáticos da bacia do rio Uberabinha tornaram possível a elaboração de um mapa de vulnerabilidade à contaminação das águas subsuperficiais e superficiais da área de estudo.

A qualidade das imagens do satélite Landsat 5, que proporcionaram resultados satisfatórios, bem como a eficiência do *software* SPRING, na leitura, restauração, registro e classificação de imagens de sensoriamento remoto. O mesmo mostrou-se bastante eficaz, sendo possível gerar imagens com diferentes composições coloridas, contrastes e classificações digitais de imagens, obtendo-se um produto final de qualidade. Deve-se destacar também a eficiência das imagens SRTM na geração do mapa de declividade, processadas com técnicas que permitiram atender aos objetivos do trabalho.

O levantamento da condutividade hidráulica de tipos do uso do solo especificados levando em consideração o uso dos mesmos, foi importante para o diagnóstico da relação que existe entre o manejo da atividade agropecuária desenvolvida e a percolação de águas pluviais. Foi possível notar também a diferença que existe entre as áreas que ainda mantêm a cobertura vegetal natural e as que hoje são ocupadas pela atividade antrópica.

O mapa de potencial de infiltração representa uma ferramenta importante para identificação de áreas em que o risco à erosão é maior, sendo estas as cabeceiras dos cursos d'água e as encostas de vales fluviais com maior declividade, onde foram sobrepostas características responsáveis pelo surgimento de áreas com baixo potencial de infiltração e, conseqüentemente, alto potencial de escoamento superficial (GOMES et al, 1996). Grande parte da área é ocupada pela categoria de médio potencial de infiltração, o que pode interferir na armazenagem de água nas camadas mais profundas do solo. Isto garantiria o abastecimento dos canais fluviais de forma gradativa, garantindo uma vazão mais constante ao longo do ano e mantendo os reservatórios de Sucupira e Bom Jardim (Departamento Municipal de Água e Esgoto) com níveis que satisfaçam as necessidades de consumo da população urbana de Uberlândia.

O mapa de vulnerabilidade à contaminação das águas representou as áreas onde os mananciais se apresentam com maior grau de probabilidade a serem contaminados por

resíduos advindos principalmente das lavouras de culturas anuais, tanto via águas subsuperficiais como superficiais. Fazendo um paralelo com os dados de precipitação da área de estudo, é possível notar que a área que sofreria maior impacto de contaminação seria a cabeceira do ribeirão Bom Jardim, devido ao volume de chuvas (com cerca de 1700mm anuais) encontrado na área. Tal fato provocaria uma maior percolação da água, e as áreas com alto potencial de infiltração e água freática superficial seriam mais acometidas, e onde potencial de escoamento superficial é alto, os cursos d'água seriam facilmente atingidos via escoamento superficial.

Em vista dos resultados obtidos e analisados, permite concluir que todas as mudanças que ocorrem atualmente na bacia do rio Uberabinha são reflexos, principalmente, da intensiva ocupação agrícola. As condições impostas pela agricultura à compactação dos solos e à infiltração de água influem diretamente sobre a dinâmica hídrica de toda a bacia, pois as áreas de campos hidromórficos vêm sofrendo uma diminuição devido à drenagem e adequação para plantio das culturas anuais.

Medidas devem ser tomadas na tentativa de reverter este quadro, uma vez que o abastecimento de água potável da cidade de Uberlândia poderá ser afetado em médio prazo, tanto no que diz respeito à qualidade quanto à sua quantidade. A mobilização do poder público municipal, juntamente com toda a sociedade, deve constituir uma ação prioritária no sentido de buscar o uso sustentável da bacia, a fim de que problemas como racionamento de água na época da seca, investimentos vultosos em projetos de tratamento e de captação em outros mananciais não se tornem realidade.

A metodologia proposta por Gomes et al (1996), norteou a sistematização do trabalho, com a diferença na coleta dos dados necessários para a determinação da condutividade hidráulica dos solos. Ficou claro que a determinação da condutividade hidráulica no campo, preservando as reais condições é extremamente importante, visto que a mesma unidade de

solos pode apresentar diferentes comportamentos em relação ao volume de água percolada, como consequência do uso e ocupação.

Quanto aos demais procedimentos empregados, pode-se afirmar que os mesmos atenderam às expectativas da pesquisa, mostrando-se bastante válido principalmente no que tange à sobreposição de dados obtidos em campo por meio de técnicas de geoprocessamento na geração de documentos cartográficos de atributos do meio físico, neste caso em específico, na identificação de áreas vulneráveis à contaminação das águas.

Para que haja uma melhor definição espacial das áreas vulneráveis à contaminação, seria necessário o mapeamento de solos detalhado ou semi-detalhado na área da bacia hidrográfica do rio Uberabinha. Em seqüência, a determinação das classes de uso do solo, também em uma escala de maior detalhe seria de extrema importância, com uso de imagens de alta resolução espacial como dos satélites IKONOS, SPOT, ou imagens fusionadas do satélite sino-brasileiro CBERS 2b.

6 – REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: mar. 2007.

AMBIENTE BRASIL. Novo relatório da onu alerta sobre escassez de água potável. Disponível em: < <http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=9895>>. Acesso em: dez. 2008.

ASSUNÇÃO, W. L. **Climatologia da cafeicultura irrigada no município de Araguari (MG)**. 2002. 282f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista - Campus de Presidente Prudente. Presidente Prudente (SP), 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraco Zani dos Santos. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

BACCARO, C. A. D. Os Estudos Experimentais Aplicados na Avaliação dos Processos Geomorfológicos de Escoamento Pluvial em Área de Cerrado. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.5, n.9 e 10, p.55-61, jan./dez. 1993.

_____. Estudos Geomorfológicos do Município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.5, n.9 e 10, p.9-24, jan./dez. 1993.

BARBOSA, C. L. et al. Operadores zonais em álgebra de mapas e suas aplicações em zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** Santos (SP): INPE, 1998, 487-500.

BRITO, J. L. B. **Adequação das potencialidades do uso da terra na Bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG): ensaio de Geoprocessamento**. 2001. 184f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CODIGO FLORESTAL BRASILEIRO – LEI 4771/1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: nov. 2008.

COELHO, A. L. N. Aplicações de Geoprocessamento em bacias de médio e grande porte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2437-2445.

CORREIA, C.; SANTOS, F., ROCHA, S. Uso de geotecnologias aplicadas à gestão de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: 2006.

COSTA, F. P. M; NISHIYAMA, L. Utilização do Permeâmetro Guelph e Penetrômetro de Impacto em Estudos de Uso e Ocupação dos Solos em Bacias Hidrográficas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.1, n.24, p.131-143, 2007, dez.

DEL GROSSI, S. R. **De Uberabinha a Uberlândia: os Caminhos da Natureza** – Contribuição ao estudo da Geomorfologia Urbana, 1991. 208p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **SIGMINE** – Informações Geográficas de Mineração. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: abr. 2008.

DUARTE, W. de O.; BRITO, L. S. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do Rio Uberabinha utilizando imagens do satélite CBERS 2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS/EPAMIG/DRNR, 1982.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1999a.

_____. **EMBRAPA Monitoramento por Satélite** – Brasil em Relevô. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/mg/mg.htm>>. Acesso em: fev. 2008.

ELRICK, D. E.; REYNOLDS, W. D.; TAN, K. A. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analysis. **Groudwater Monitoring Review**, v.9, p.184-193, 1989.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do Oeste Mineiro**, 1997. 252f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

FORTES, P. T. F. O. Geoprocessamento aplicado ao planejamento e gestão ambiental na região do Núcleo Rural Lago Oeste, Sobradinho, Distrito Federal: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2621 – 2628.

GOMES, M. A. F.; NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J. B. Mapeamento expedito dos potencial de infiltração e de escoamento superficial da água para solos da microbacia hidrográfica do Córrego Espreado em Ribeirão Preto – SP. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 10., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ESALQ/SBCS, 1996a. p. 4p.

_____. Método de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água no solo: subsidio à avaliação do risco de contaminação por agroquímicos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 10., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ESALQ/SBCS, 1996a. p. 4p.

GLOBAL LAND CONVER FACILITY. **ESDI – Earth Science Data Interface**. Disponível em: <<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: fev. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contagem da população 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/popmunic2007layoutTCU14112007.xls>>. Acesso em: dez. 2008.

LANNA, A. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

LISBOA, R. L. L. **Determinação da condutividade hidráulica não saturada de solos residuais com o permeâmetro Guelph e ensaios de laboratório**. 2006. 104f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**, 2001. 279f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-oriental do Brasil**. São Paulo: Edanae, 1969.

_____. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.3-46, 1951.

NEVES, M. C.; GOMES, M. A.; LUIZ, A. J. B.; SPADOTTO, C. A. SIG na avaliação do impacto ambiental por agroquímicos. In: _____. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 1998.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Brasília: SUPREN/IBGE, 1979. v.4.

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

NISHIYAMA, L. **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**, 1998. 363f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

RESOLUÇÃO CONAMA 303. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em: nov. 2008.

SANTOS, Marcos Bravin dos. **Proposta metodológica para o planejamento do uso agrícola da vinhaça, considerando os seus aspectos ambientais, por meio de sistema de informação geográfica.** 122f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000.

SCHNEIDER, M. O. **Transformações na organização espacial da cobertura vegetal no município de Uberlândia** – MG. 1964-1979. Rio Claro, 1982. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, Rio Claro, 1982.

SCHNEIDER, M. O. **Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente.** 1996. 157 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SHIMIZU, W. A. **Oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio no Rio Uberabinha: um estudo da poluição orgânica biodegradável,** 2000. 67f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2000.

SINAY M. F; LIMA JR., P. C. R. SIG como ferramenta na avaliação qualitativa de impactos ambientais decorrentes de projetos relativos a sistemas de transporte público. In: Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente, 5., Rio de Janeiro, 1998. **Anais...** Rio de Janeiro: Clube de Engenharia, 1998.

SOTO, M. A. A. **Estudo da condutividade hidráulica em solos não saturados.** 1996. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, cidade, v.20, n.3, p.395-403, maio/jun. 1996.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p 1657 – 1664.

TEIXEIRA, Amândio L. A.; MORETTI, Edmar; CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Introdução aos sistemas de informação geográfica.** Rio Claro: Autores Associados, 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU. **Estudo de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Uberabinha.** Relatório Técnico para a Prefeitura Municipal de Uberlândia, PROCESSO Nº 48500.006031/01-32, 2002. 130p. (Não publicado).

ANEXOS

MODELO DE ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA NATURAL E ÍNDICES FÍSICOS									
CARACTERÍSTICAS DO ANEL		DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE							
ANEL									
diâmetro (mm)									
altura (mm)									
área (mm ²)									
volume (mm ³)									
teor de umidade (%)									
teor de umidade médio (%)									
CARACTERÍSTICAS DO CORPO DE PROVA									
peso do corpo + anel (gf)									
peso do anel (gf)									
peso do corpo de prova (gf)									
altura do corpo de prova -mm									
volume do corpo de prova (cm ³)									
peso específico dos grãos									
peso específico natural (gf/cm ³) _o									
peso específico seco (gf/cm ³)									
índice de vazios natural									
grau de saturação natural (%)									
altura reduzida - $H_o/(1+eo)$									
porosidade									
Local: Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha - Minas Gerais									
Amostra:									

Anexo 1: Modelo de ensaio para determinação da massa específica natural e índices físicos

SEDIMENTAÇÃO - GRANULOMETRIA									
GEOLOGIA/GEOLOGIA DE ENGENHARIA = NBR 7181/84									
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE				PENEIRAMENTO GROSSO					ssa (g)
capsula				amostra total umida					
solo úmido+ t				solo seco retido na #10					
solo seco+t				solo úmido passado na #10 (a-b)					
água				seco passado na #10 (a-b)/(1+w)					
tara (t)				amostra total seca (b+d))					
solo seco				PENEIRAMENTO FINO E SEDIMENTAÇÃO					
W				ostra úmida					
W-média				ostra seca					
MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS				PENEIRAMENTO GROSSO					
				No. peneira	diâmetro	peso do	o seco	% que passa	
picnômetro nº. 4		Temperatura °C.			(mm)	retido	ssado		
solo úmido		g							
massa do solos seco		g							
massa picnômetro +água		g							
massa picnômetro + água +solo		g/cm3							
massa específica da água - g/cm3		g/cm3							
massa específica dos grãos -g/cm³		g/cm3							
				PENEIRAMENTO FINO					
				Nº.peneira	diâmetro (d)	peso-	o seco	q passa	q passa
picnômetro nº. 8		Temperatura °C.			(mm)	retido	ssado	arcial	
solo úmido		g							
massa do solos seco		g							
massa picnômetro +água		g							
massa picnômetro + água +solo		g/cm3							
massa específica da água - g/cm3		g/cm3							
massa específica dos grãos -g/cm³		g/cm3							
			densímetro	280	coef. d reta	18,2	206		
SEDIMENTAÇÃO	tempo (t)	hora				16,2			
O	(min)	07:50	leitura	altura de	correção	Leitura	viscosidade	metro	% que passa
				ueda (z-cm)		corrigida-Lc	(10E-6 g.s/cm²)	mm)	
T (°C)									
	0,5								
	1								
	..								
	1440								
	0,5								
	1								
	2								
massa específica dos grãos -g/cm3				2,572	Cliente:				
% que passa na # 10 (Pp,10)				100,0	Obra				
massa de solo seco (Ms) - (g)				96,48	Local				
Volume da suspensão (V) - cm³				1000	Amostra				
viscosidade (visc)					Técnico				
d= sqrt((1800*visc)*z/t/(gs-1)				Responsável			DATA		
N= Gs/(Gs-1)*Pp,10/Ms*Lc *V				RELATÓRIO					

[illegible]Anexo 3 – Modelo de ensaio para determinação da permeabilidade dos solos *in situ*.