

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO E
CONFLITO DE USO DOS SOLOS NA BACIA DO
RIO UBERABA

Renato Farias do Valle Junior

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

Jaboticabal – São Paulo - Brasil

Julho de 2008

V181d Valle Junior, Renato Farias do
Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba /Renato Farias do Valle Junior. – Jaboticabal, 2008
xiii, 222 f. : il.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008
Orientador: João Antonio Galbiatti
Banca examinadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Marcílio Vieira Martins Filho, David Luciano Rosalen, Raimundo Leite Cruz
Bibliografia

1. Erosividade. 2. Erosão. 3. Morfometria. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.459

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

E-mail: renato@cefetuberaba.edu.br

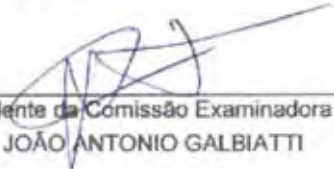
rvalle@netsite.com.br

unesp**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO****TÍTULO:** DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO DE EROÇÃO E CONFLITO DE USO DOS SOLOS NA BACIA DO RIO UBERABA**AUTOR:** RENATO FARIAS DOVALLE JUNIOR**ORIENTADOR:** Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:


Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI
Dra. TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARA
Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO
Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN
Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Data da realização: 28 de julho de 2008.


Presidente da Comissão Examinadora
Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR - nascido em 28 de Setembro de 1964 em Brasília–DF. Bolsista de iniciação científica na área de solos, junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nos anos de 1989 a 1991, Graduou-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em 1992. Em julho de 1992 iniciou o curso de mestrado, obtendo o grau de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, em janeiro de 1995 na UFLA; Professor efetivo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Uberaba (CEFET Uberaba-MG) atua como docente desde 1995, onde tem trabalhado com o grupo de pesquisa de Manejo e Conservação do Solo e da Água do CEFET Uberaba, desenvolvendo projetos de manejo integrado de microbacias hidrográficas e potencial de erosão dos solos.

A DEUS
dou Graças

Aos meus queridos

Luigi Pratesi
Therezinha Albertina Lírio do Patrocínio

DEDICO

Aos meus filhos

Lucas Farias do Valle
Gustavo Felizardo do Valle

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP - Campus de Jaboticabal, pelo apoio e infra-estrutura necessária para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Antonio Galbiatti, pelo apoio, amizade, convivência, ensinamentos, sugestões e confiança.

Ao Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, pelo apoio, amizade e sugestões indispensáveis neste trabalho.

À Prof^a. Dr. Teresa Cristina Tarlé Pissara, pela amizade, carinho e auxílio na confecção deste trabalho.

Ao amigo e parceiro inseparável Humberto Gois Candido, que me auxiliou nas coletas de dados e vários momentos do trabalho, com total dedicação e empenho.

Aos alunos do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e Irrigação e Drenagem do CEFET Uberaba, Michele, Elton, Mario, Flavio e Euzímio pelo apoio na coleta de dados.

Aos amigos do CEFET Uberaba, Adelar José Fabian, Maria Amélia, Nilo Sergio, Othon Cruz, Olegário e Vera Abdala.

À Direção Geral do CEFET, pela minha liberação parcial para cursar as disciplinas, ajustando sempre meus horários de acordo com a necessidade.

Ao Corpo Docente e Funcionários do Departamento de Engenharia Rural.

Ao Corpo Docente e Funcionários do Departamento de Solos e Adubos.

À Seção de Pós-Graduação da FCAV/UNESP, pelo apoio e informações fornecidas.

A toda equipe da biblioteca da FCAV/UNESP pela qualidade do atendimento, sempre atentos.

A todos os colegas dos cursos de pós-graduação da FCAV por trocar informações, colaboração, convivência e amizade.

A todos aqueles que, cada qual a sua maneira e importância, contribuíram de forma direta ou indireta para que o projeto deste trabalho se tornasse realidade.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS | |
| I. INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 1.1. Modelos que descrevem perdas de solos..... | 04 |
| 1.2. Histórico da morfometria em bacias hidrográficas..... | 06 |
| II. OBJETIVO GERAL..... | 09 |
| 2.1. Objetivos Específicos..... | 09 |
| III. REFERÊNCIAS..... | 10 |
| CAPÍTULO 2. EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA BACIA DO RIO UBERABA | |
| RESUMO..... | 16 |
| I. INTRODUÇÃO..... | 17 |
| II. MATERIAL E METODOS..... | 21 |
| 2.1. Área de estudo..... | 21 |
| 2.2. Clima regional..... | 22 |
| 2.3. A erosividade..... | 22 |
| III. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 25 |
| IV. CONCLUSÕES..... | 32 |
| V. REFERENCIAS..... | 32 |
| CAPÍTULO 3. POTENCIAL DE EROSÃO DA BACIA DO RIO UBERABA | |
| RESUMO..... | 41 |
| I. INTRODUÇÃO..... | 42 |
| 1.1. Erosão: Definição e Conceitos..... | 45 |
| 1.2. A Erosão laminar..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 1.3. O Modelo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)..... | 47 |
| 1.3.1. Fator K – Erodibilidade dos Solos..... | 48 |
| 1.3.2. Fator L – Comprimento de Rampa..... | 49 |
| 1.3.3. Fator LS – Fator Topográfico..... | 50 |
| 1.3.4. Fator CP - uso , manejo e praticas conservacionistas..... | 50 |
| 1.3.4.1. Fator C – Uso e Manejo do Solo..... | 51 |
| 1.3.4.2. Fator P – Praticas conservacionistas..... | 51 |
| 1.4. Potencial Natural de Erosão..... | 52 |
| 1.5. A tolerância de perdas de solo por erosão laminar..... | 53 |
| II. MATERIAL E MÉTODOS..... | 55 |
| 2.1. Material..... | 55 |
| 2.1.1.Área de estudo..... | 55 |
| 2.1.2. Clima Regional..... | 56 |
| 2.1.3. Geologia e Geomorfologia..... | 57 |
| 2.1.3.1. Formação Uberaba..... | 58 |
| 2.1.3.2. Formação Marília..... | 59 |
| 2.1.3.3. Formação Serra Geral..... | 60 |
| 2.1.3.4 Formação Cenozóica..... | 61 |
| 2.1.4. Principais unidades de solos..... | 61 |
| 2.1.5. Imagens de Satélite produtos de sensoriamento remoto..... | 64 |
| 2.1.6. Cartas topográficas..... | 65 |
| 2.1.7. Mapas temáticos..... | 65 |
| 2.1.8. Equipamentos..... | 66 |
| 2.2. Métodos..... | 66 |
| 2.2.1 Obtenção dos mapas Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) , Declividade (D), e Redes de drenagem (RD) para a bacia do rio Uberaba..... | 66 |
| 2.2.2. Delimitação da área e perímetro das microbacias hidrográficas..... | 69 |
| 2.2.3. – Metodologia para o diagnóstico da erosão laminar..... | 70 |
| 2.2.3.1. Estimativa da erosividade da chuva..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.3.2. Estimativa indireta da erodibilidade dos solos..... | 72 |
| 2.2.3.2.1. Estimativa direta da erodibilidade dos solos..... | 74 |
| 2.2.3.3. Comprimento de rampa(L) e declividade(S) - (Fator LS)..... | 78 |
| 2.2.3.4. Uso e manejo de práticas conservacionistas | 80 |
| 2.2.4. O potencial natural de erosão (PNE)..... | 83 |
| 2.2.5. Diagnóstico ambiental da erosão..... | 84 |
| 2.2.6. Avaliação por verdade terrestre do zoneamento ambiental..... | 87 |
| III. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 87 |
| 3.1. Erodibilidade dos solos (k)..... | 87 |
| 3.2. Comprimento de rampa (L)..... | 89 |
| 3.3. Declividade (S)..... | 90 |
| 3.4. Fator CP | 93 |
| 3.5. Perda de solo..... | 94 |
| 3.5.1. Potencial Natural de Erosão (PNE)..... | 94 |
| 3.5.2. Perda de solo por unidade de área..... | 96 |
| 3.5.3. Limite de tolerância..... | 97 |
| 3.6. Profundidade dos solos..... | 99 |
| 3.7. Zoneamento de perdas de solos na bacia do rio Uberaba..... | 100 |
| 3.8. Impactos ambientais por perda de solo na bacia do rio Uberaba..... | 104 |
| IV. CONCLUSÕES..... | 112 |
| V. REFERENCIAS..... | 112 |
| | |
| CAPÍTULO 4 – DIAGNÓSTICO DE CONFLITO AMBIENTAL E CARACTERI- ZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS MICROBACIAS DO RIO UBERABA | |
| RESUMO..... | 124 |
| I. INTRODUÇÃO..... | 125 |
| 1.1. Descrição das variáveis morfométricas..... | 130 |
| 1.1.1. Variáveis morfológicas correlacionadas com a geometria da bacia. | 131 |
| 1.1.1.1. Área e Perímetro da microbacia..... | 131 |

| | |
|--|-----|
| 1.1.1.2. Índice de circularidade (IC)..... | 132 |
| 1.1.1.3. Índice de sinuosidade do curso d água (Si)..... | 132 |
| 1.1.1.4. Coeficiente de compacidade (Kc)..... | 133 |
| 1.1.1.5. O Fator de forma (Kf)..... | 134 |
| 1.1.1.6. Maior comprimento e largura..... | 134 |
| 1.1.2. Variáveis relativas à composição da rede de drenagem e relevo..... | 135 |
| 1.1.2.1. Ordem dos cursos d água..... | 135 |
| 1.1.2.2. Densidade de drenagem..... | 136 |
| 1.1.2.3. Declividade média..... | 137 |
| 1.1.2.4. Comprimento de rampa médio do escoamento superficial (Cr)..... | 138 |
| 1.1.2.5. Coeficiente de rugosidade (RN)..... | 139 |
| 1.2. O Uso de sistemas de informações geográficas (SIGs)..... | 140 |
| 1.3. Conflitos quanto ao uso potencial do solo e a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica..... | 141 |
| II. MATERIAL E MÉTODOS..... | 143 |
| 2.1. Material..... | 143 |
| 2.1.1. Área de estudo..... | 143 |
| 2.1.2. Clima Regional..... | 145 |
| 2.1.3. Geologia e Geomorfologia..... | 145 |
| 2.1.4. Principais unidades de solos..... | 150 |
| 2.1.5. Imagem de satélite..... | 153 |
| 2.1.6. Cartas Topográficas..... | 154 |
| 2.1.7. Mapas temáticos..... | 154 |
| 2.1.8. Equipamentos..... | 154 |
| 2.2. MÉTODOS..... | 155 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.1.Obtenção dos mapas Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT),Declividade (D), e Redes de drenagem(RD) para a bacia do rio Uberaba. | 155 |
| 2.2.2. Delimitação da área e perímetro das bacias hidrográficas..... | 158 |
| 2.2.3. Elementos de reconhecimento empregados na imagem orbital..... | 159 |
| 2.2.4. Caracterização morfométrica da bacia e sub-bacias hidrográficas de 1 ^a 2 ^a , 3 ^a , e 4 ^a e 5 ^a ordens.gt..... | 159 |
| 2.2.4.1. Variáveis Morfológicas..... | 159 |
| 2.2.4.2. Variáveis relativas à composição da rede de drenagem e relevo.. | 161 |
| 2.2.5. Determinação das áreas de conflito de uso na bacia..... | 166 |
| 2.2.6. Correlação entre áreas de conflitos e impactos ambientais quanto a perda de solo na bacia do rio Uberaba..... | 168 |
| 2.2.7. – Avaliações dos parâmetros morfométricos (Análise Estatística).... | 169 |
| III. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 170 |
| 3.1 – Identificação das microbacias hidrográficas | 170 |
| 3.2. Análise morfométrica..... | 173 |
| 3.2.1. Variáveis morfológicas..... | 173 |
| 3.2.2. Variáveis correlacionas à rede de drenagem e relevo..... | 179 |
| 3.3. Classificação do uso potencial do solo..... | 185 |
| 3.4. Determinação das áreas de conflito de uso na bacia..... | 190 |
| 3.5. Ações mitigadoras para áreas de conflito..... | 196 |
| 3.6. Correlação entre conflitos e impactos ambientais quanto a perda de solo, na bacia do rio Uberaba..... | 199 |
| 3.7. Checagem por verdade terrestre..... | 201 |
| IV. CONCLUSÕES..... | 203 |
| V. REFERENCIAS..... | 204 |
| VI. APÊNDICE..... | 217 |

DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO E CONFLITO DE USO DOS SOLOS NA BACIA DO RIO UBERABA

RESUMO - A expansão territorial do agronegócio, em especial o plantio de cana de açúcar e uso de pastagens degradadas, na bacia do rio Uberaba impacta a preservação dos recursos naturais, sendo que a ocorrência da erosão correlaciona-se diretamente com o uso e ocupação do solo. Este trabalho teve por objetivo identificar qualitativamente as áreas susceptíveis à erosão laminar na bacia do rio Uberaba, apoiado no modelo da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), e a partir do coeficiente morfométrico de rugosidade (RN) diagnosticar o uso potencial das terras, caracterizando áreas potenciais à degradação e conflito ambiental. A espacialização do potencial de erosão só foi possível a partir da estimativa da tolerância às perdas laminares para cada tipo de solo da bacia, e da profundidade dos solos, por entender que as perdas são mais significativas em solos mais rasos do que em solos muito profundos. Na análise dos resultados, verificou-se que 37,42% da área total da bacia do rio Uberaba (905,24 km²) sofre perdas de solos acima do limite de tolerância sendo, sendo 12,15% em solos profundos e 25,27% em muito profundos, e a espacialização deste evento, favorece a adoção de ações efetivas quanto à conservação dos solos da bacia. Na avaliação da classificação do uso potencial do solo, constatou-se que 47,12% das microbacias pertencentes à bacia do rio Uberaba apresenta-se apropriada para a prática agrícola, enquanto 36,37% para pecuária, 11,86% para pecuária/reflorestamento e 1,40% para reflorestamento. De toda área da bacia, 17,07% (413,13 km²) encontra-se em conflito quanto ao uso e ocupação, necessitando de adequações que diminuam a degradação ambiental.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica, conflito ambiental, erosão laminar

DIAGNOSIS OF AREAS OF RISK OF EROSION AND CONFLICTS OF THE USE OF LAND IN THE BASIN OF THE RIVER UBERABA

SUMMARY - The territorial expansion of the agribusiness, in special the plantation of cane of sugar and use of degraded pastures, in the basin of the river Uberaba impact the preservation of the natural resources, being that the occurrence of the erosion directly correlates with the use and occupation of the ground. This work had for objective qualitatively to identify the susceptible areas to the laminar erosion in the basin of the river Uberaba, supported in the model of the Universal Equation of Loss of Solo (USLE), and from the morphometric rugosity coefficient (Ruggdeness Number -RN) to diagnosis the potential use of lands, characterizing potential areas to the degradation and ambient conflict. The spatialization of the erosion potential alone was possible from the estimate of the tolerance to the laminar losses for each type of ground of the basin, and the depth of ground, for understanding that the losses are more significant in flatter ground of what in very deep ground. In the analysis of the results, it was verified that 37,42% of the total area of the basin of the river Uberaba (905,24 km²) it suffers losses of ground above from the tolerance limit being, being 12,15% in deep ground and 25,27% in very deep, and the spatialization of this event, favors the action adoption effective how much to the conservation of ground of the basin. In the evaluation of the classification of the potential use of the ground, one evidenced that 47,12% of the pertaining microbasins to the basin of the river Uberaba are presented appropriate for practice agriculturist, while 36,37% for cattle, cattle 11,86% for/reforestation and 1,40% for reforestation. Of all area of the basin, 17,07% (413,13 km²) one meets in conflict how much to the use and occupation, needing adequacies that they diminish of the ambient degradation.

Keywords: Watershed, conflict environmental, laminar erosion

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

I – INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é entendida como um processo de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, tendo como principais agentes o vento e a água. Entretanto com a ação do homem por meio da inserção de práticas que desequilibram as condições naturais, aceleram-se os processos erosivos originando a erosão acelerada. A erosão acelerada, devido à rapidez com que ocorre, é conceituada como um fenômeno de grande importância, pois acarreta grandes prejuízos tanto para a agropecuária quanto ao meio ambiente, promovendo extensivamente o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo na quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

Os prejuízos sociais e ambientais gerados pela erosão são bastante elevados, pois reduzem a capacidade produtiva das terras, revertendo no aumento dos custos de produção e conseqüentemente na diminuição do lucro dos produtores, interferindo na permanência da atividade agrícola.

Dentre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as freqüentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Nas zonas rurais, o manejo inadequado do solo, sem a observância dos limites e riscos de degradação ambiental, tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados, sendo um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental (GUERRA & CUNHA, 1996; PRUSKI et al., 2006).

Do ponto de vista qualitativo, a proteção dos solos e recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia. A qualidade final da água no rio reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produzindo um efeito específico e característico.

Para diagnóstico e avaliação da degradação ambiental gerada, tem-se utilizado a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, para o uso e exploração dos recursos naturais (PISSARRA, 1998; PISSARRA et al., 2004).

As características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica como a rede de drenagem, forma, área, relevo e solos aliados ao tipo de cobertura vegetal influenciam o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (LIMA, 1986). Por possuírem papel integrador, na busca da compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pela ação antrópica, possibilitam relevantes contribuições ao diagnóstico da degradação ambiental (GUERRA e CUNHA, 1996). Assim sendo, as características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, tanto a infiltração da água quanto o escoamento superficial.

A análise morfométrica, que compreende o levantamento de índices numéricos que classificam as redes de drenagem, pode contribuir para estudos de erosão, tendo em vista que a respectiva análise possibilita avaliar o grau de energia e a susceptibilidade de ocorrência dos processos erosivos (MOREIRA & PIRES NETO, 1998) citado por COSTA (2005).

Para a caracterização dos processos de degradação ambiental, é necessário analisar os elementos do meio físico que participam desse processo, onde a espacialização das informações em grandes áreas requer a utilização de sistemas nos quais seja possível integrar os dados. Os mapas, gerados em SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), permitem obter uma visão global do que vem ocorrendo dentro da área de estudos, sendo aplicado no planejamento agrícola, na capacidade e adequação do uso do solo, a aplicação de modelos matemáticos para a quantificação de impactos ambientais e a realização de diferentes formas de zoneamento agroambiental. Vários são os trabalhos que utilizaram SIGs em estudos correlacionados ao uso e potencial de erosão dos solos (CASTRO, 1992; RANIERI, 1996; RANIERI, 2000; FARINASSO, 2005; BAPTISTA, 2003).

A elaboração e aplicação de modelos matemáticos em estudos de erosão vem sendo um recurso amplamente utilizado para melhor compreender este processo. Ao mesmo tempo, a aplicação do SIG tem colaborado fortemente no sentido de facilitar a

obtenção de resultados, possibilitando ainda, investigar o processo considerando-se situações simuladas (SILVA et al., 2003). Dentre os modelos mais utilizados para estimar as perdas de solo, encontra-se a (EUPS) Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978), a qual exprime a ação dos principais fatores que influenciam as perdas de solo pela erosão hídrica, tratando o assunto de modo mais dinâmico, por superar parcialmente restrições climáticas e geográficas e tendo aplicação generalizada (SILVA et al., 2003).

A EUPS, quando espacializada por meio de um (SIG), tem possibilitado a estimativa de perdas de solos em bacias hidrográficas (PRUSKI et al., 2006). Assim sendo, a aplicação da EUPS em escala municipal é válida para estudos qualitativos sobre predição de perdas de solos (FARINASSO, 2005), possibilitando a delimitação e espacialização de áreas com maior e menor susceptibilidade a erosão, favorecendo o zoneamento ambiental e, conseqüentemente o planejamento ambiental da bacia.

As alterações rápidas, em escala temporal e espacial dos solos, decorrentes da intensificação do uso agrícola das terras tem ocorrido na bacia hidrográfica do rio Uberaba, onde se observa uma expansão contínua da cultura da cana-de-açúcar e a redução de áreas de pastagens, exigindo-se a adoção de técnicas que assegurem o monitoramento do uso da terra, segundo um dinâmico espaço-temporal.

Segundo ABDALA (2005), o uso inadequado do solo na bacia do alto curso do rio Uberaba poderá gerar danos ao meio ambiente, visto que à medida que há avanço tecnológico as áreas que deveriam ser permanentemente preservadas estão sendo destruídas lentamente.

Alguns diagnósticos ambientais preliminares têm sido realizados na bacia do rio Uberaba, junto a sua área de proteção ambiental (APA), onde se destaca a deterioração ambiental crescente, devido ao uso e ocupação inadequado dos solos (FABIAN & TORRES, 2003; SILVA et al., 2005).

Dentro desta ótica, o presente trabalho visa diagnosticar qualitativamente o potencial de erosão dos solos e os padrões morfométricos da bacia do Rio Uberaba, através da integração dos fatores climatológicos, pedológicos, topográficos e antrópicos,

utilizando-se da equação universal de perdas de solo (EUPS), identificando espacialmente áreas críticas e de conflito quanto ao uso e ocupação do solo.

1.1. Modelos que descrevem perdas de solos

Os modelos matemáticos de predição de erosão podem ser utilizados na execução do planejamento agrícola. O processo de modelagem é elaborado a partir de observações de processos erosivos e de sua descrição matemática. Nos EUA, os estudos relacionados aos principais fatores que afetam o processo erosivo foram desenvolvidos por COOK (1936) segundo PRUSKI (2006), quando se observou a independência existente entre processos hidrológicos e sedimentológicos dentro de uma bacia hidrográfica.

PRUSKI et al (2006) comentou que a pesquisa em erosão ganhou impulso a partir do período de 1940 a 1954, no meio oeste dos EUA, resultando na obtenção de equações de perdas de solo que incluíam os efeitos do comprimento e da declividade da encosta, das características do solo, das práticas conservacionistas e das condições de uso e manejo do solo. Entre 1954 e 1965, mediante apoio de agências de pesquisa e extensão dos EUA, foi proposto um novo modelo empírico denominado Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), posteriormente revisado e atualizado por WISCHMEIER & SMITH (1978).

O modelo EUPS visa quantificar as perdas de solo pelo processo de erosão hídrica. É a relação empírica mais amplamente utilizada e tem sofrido várias atualizações (ARAÚJO JUNIOR, 1997).

A EUPS permite estimar a perda média anual de solo provocada pelas erosões laminar e em sulcos, para um determinado uso. Porém, numa microbacia existem áreas de transporte e áreas de deposição, sendo o volume do solo perdido da área menor que o estimado pelo modelo. A equação não identifica as áreas de deposição, as quais seriam responsáveis pela retenção de parte dos sedimentos. Ainda que apresente limitações, a EUPS continua sendo muito usada em todo o mundo, por ser considerada

um bom instrumento para previsão de perdas de solo por erosão (WEILL, 1999 ; PRUSKI et al., 2006)

O modelo MEUPS (Modificação da Equação Universal de Perdas de solo) é uma variação do modelo EUPS, sendo as formas de determinação dos fatores modificadas. A diferença está no termo erosividade, que prevê o aporte de sedimentos, oriundo de pequenas e médias bacias hidrográficas, em determinado exutório (talvegue, córrego ou reservatório) da bacia (ARAUJO JUNIOR, 2003).

Um outro modelo é o AGNPS (**Agricultural Non-Point Source Model**) o qual foi desenvolvido no início dos anos 80 pelo Serviço de Pesquisa Agrícola Americano (ARS) em cooperação com a Agência de Controle da Poluição de Minnessota e com o Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS). O AGNPS foi largamente aplicado em todo o mundo na investigação de vários problemas de qualidade da água. (BOSH, 1998 citado por DIAS ,2003).O escoamento é simulado, usando o procedimento do número de curvas do escoamento, enquanto a produção de sedimentos é realizada utilizando-se versão modificada da equação EUPS (CHRISTOFOLETTI, 1999)

Já o modelo EUROSEM (**European Soil Erosion Model**) é um modelo designado para predizer a erosão em eventos individuais e para avaliar as medidas de proteção do solo. O modelo utiliza a equação de balanço de massa para computar o transporte, erosão e deposição de sedimentos sobre a superfície do terreno. Este modelo simula o volume de chuva que alcança a superfície do solo através da queda direta da chuva, da drenagem pelas folhas e do escoamento pelo caule (SILVA, 2003).

O modelo LISEM (**Limburg Soil Erosion Model**) constitui um modelo da hidrologia e erosão dos solos, em bases físicas, para ser analisado com objetivos para o planejamento e conservação. Este modelo foi elaborado para ser utilizado no procedimento dos sistemas formato raster em SIG e essa incorporação facilita a aplicação em bacia hidrográfica, melhora a interface com o usuário e propicia a utilização de dados gerados pelo sensoriamento remoto (SILVA, 2003).

O WEPP (**Water Erosion Prediction Project**) é um modelo para pequenas bacias hidrográficas, baseado nos processos hidrológico e de erosão. Utiliza parâmetros distribuídos e simulação contínua, dividindo a bacia em células e canais, possibilitando a

determinação espacial e temporal da perda de solos. O modelo requer as seguintes entradas: quantidade e intensidade de precipitação, textura do solo, parâmetros de crescimento da cultura agrícola, parâmetros da decomposição de resíduos, efeitos dos implementos de arado sobre as propriedades do solo e quantidade de resíduos, orientação, declividade e parâmetros de erodibilidade do solo. As saídas consistem de informação resumida de volume de escoamento e erosão, as quais podem ser a cada evento, mensal, anual ou média anual (DIAS, 2003).

1.2. Histórico da morfometria em bacias hidrográficas

As redes hidrográficas sempre despertaram grande interesse de estudo para o homem. Isto se deve ao fato de que a história da civilização sofreu grande influência com a associação “água e solo”, pois desta combinação retirou-se o seu sustento.

Entretanto, por longo tempo, este estudo se restringiu às descrições qualitativas e somente a partir da década de trinta, pesquisadores iniciaram as primeiras fundamentações teóricas relacionadas às análises qualitativas e quantitativas das bacias hidrográficas.

A partir dos anos 40, principalmente com os trabalhos de Robert E. Horton, a análise quantitativa do desenvolvimento dos rios e das bacias hidrográficas, também chamada de análise morfométrica, é apresentada de modo global e organizada. HORTON (1945), utilizando pela primeira vez uma análise quantitativa num sistema de drenagem, criou uma classificação de canais em uma rede hidrográfica determinando leis fundamentais relacionando o número e o comprimento de canais, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas modernas no campo da geomorfologia e dinâmica fluvial.

No sistema de classificação elaborado por HORTON (1945) os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem só recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber tributários de primeira e segunda ordem; e assim sucessivamente. O rio principal é representado pelo

canal de maior ordem, permanecendo com este valor hierárquico da sua nascente até a foz.

STRAHLER (1952) aplicou a análise hipsométrica para a caracterização de bacias fluviais em diferentes condições hidrológicas e topográficas, concluindo que a análise morfométrica permite um planejamento para o controle de erosão no solo.

Em meados da década de cinquenta, SCHUMM (1956) desenvolveu um trabalho que determinou, principalmente, além das características morfométricas, o coeficiente de manutenção, com o qual é possível estabelecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Ele representa a área de uma unidade (um milhão de metros quadrados) dividida pela densidade de drenagem, diminuindo à medida que o relevo torna-se mais movimentado, sendo considerado um valor numérico de grande importância para a caracterização do sistema de drenagem. A relação entre o comprimento do canal, área da bacia hidrográfica e número de ordem dos canais são dependentes do coeficiente de manutenção, tornando-se dependente do relevo, litologia e clima.

A evolução das formas de declividade do terreno que sofrem influência dos processos geológicos foi estudada quantitativamente por STRAHLER (1956) que determinou mapas de declividade. Isto permitiu aos geomorfologistas descrever quantitativamente as classes de declive em uma região, e comparar essas classes em regiões distintas, através de diferentes unidades experimentais com análise de variância de testes estatísticos convencionais.

STRAHLER (1957) propôs um sistema de classificação de canais com algumas alterações com relação ao sistema definido por Horton. Assim sendo, na metodologia proposta por STRAHLER (1957), os canais sem tributários são considerados como de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os canais de segunda ordem, e assim sucessivamente, sendo a ordem da bacia hidrográfica correspondente ao valor do canal de maior ordem. Nesta Metodologia extingui-se a definição que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem da nascente até a foz, como proposto por Horton.

STRAHLER (1957) definiu duas classes de variáveis de análise: a) as que expressam dimensões de comprimento, como comprimento de canais de uma dada ordem, o perímetro e a área da bacia; b) variáveis adimensionais, correlacionadas com razões de medidas de comprimento como o número de canais por ordem.

O conceito da similaridade geométrica proposta no trabalho de STRAHLER (1957), representa um importante passo na análise morfométrica da rede de drenagem, pois demonstra que todas as medidas correspondentes de comprimento de um conjunto de bacias hidrográficas semelhantes apresentam correlação entre si. A maior similaridade geométrica implica numa maior homogeneidade nas características que definem as regiões, permitindo maior confiabilidade nas interpretações e extrapolações mais amplas.

FRANÇA (1968) mediante análise morfométrica, num estudo de solos da região de Piracicaba-SP, concluiu que o padrão de drenagem varia em função da natureza do solo, profundidade do substrato rochoso e posição topográfica.

A utilização de parâmetros morfométricos e conseqüente análise na caracterização ambiental foi efetuado por PROCHNOW (1990), avaliando cinco bacias do Piracicaba, onde a densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram os parâmetros de maior importância.

Vários trabalhos como o de LIMA (1987) e SILVA (1993) retrataram a influência da análise morfométrica na distinção de unidades de solos no interior do Estado de São Paulo, sendo desta forma uma importante ferramenta na diferenciação de tipos de solos.

PISSARRA (2002) após análise morfométrica realizada em microbacias de 2^o ordem, na bacia hidrográfica do Córrego rico, Jaboticabal-SP, detectou padrões diferenciados quanto às características dimensionais da composição de rede, do padrão de drenagem e do relevo nas unidades de solo Argissolos e Latossolos.

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo coeficiente morfométrico de rugosidade (RN), obtido do produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia (MELLO FILHO & ROCHA, 1992; PISSARRA et al., 2004).

O coeficiente de rugosidade (RN) direciona a atividade de agricultura, pecuária ou florestamento ou, ainda, preservação florestal de acordo com o uso potencial da terra (BARACUHY et al., 2003).

II - OBJETIVO GERAL

Identificar qualitativamente as áreas susceptíveis à erosão laminar na bacia do rio Uberaba, apoiado no modelo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), e a partir do coeficiente morfométrico de rugosidade (**Ruggdeness Number – RN**) diagnosticar o uso potencial das terras, identificando áreas potenciais à degradação e conflito ambiental.

2.1. Objetivos específicos

- Calcular a erosividade das chuvas, por meio de parâmetros pluviográficos para a bacia hidrográfica do rio Uberaba.
- Estimar a erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do rio Uberaba a partir de metodologia indireta.
- Utilizar a Equação Universal de Perda de Solo, integrando os dados através de um Sistema de Informações Geográficas para espacialização do potencial de erosão do solo.
- Estabelecer o zoneamento ambiental determinado pelas perdas de solos por limite de tolerância aliado à profundidade dos solos.

- Elaborar o diagnóstico do uso potencial da terra a partir do coeficiente de Rugosidade (**Ruggdeness Number – RN**).
- Espacializar as áreas de conflito ambiental a partir do uso e ocupação atual dos solos e da metodologia do uso potencial da terra (**Ruggdeness Number – RN**).
- Estabelecer ações mitigadoras para áreas de conflito, para que os impactos ambientais decorrentes da utilização indiscriminada dessas terras tenham sua magnitude reduzida.
- Estimar parâmetros diferenciadores entre classes de solos, Argissolos e Latossolos, baseados na morfometria das redes de drenagem.

III - REFERENCIAS

ABDALA,V. L. **Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba - MG como subsidio para gestão do recurso hídrico superficial**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ARAUJO JR,G. J. L. D. de. **Aplicação dos modelos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**.1997. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Araujo%20Jr-G-J-%20L-D-1997/publicacao.pdf> . Acesso em: 05 maio 2008.

BAPTISTA,G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasilia: Universa, 2003.140 p.

BARACUHY, J. G. V.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; DUARTE, S. M.A.; LIMA, V. L. A.; ROCHA, J. S. M.; DANTAS NETO, J. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 159-164, 2003.

CASTRO, A. G. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**. 1992. 145 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1992. Disponível em : <http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.23.35.59>
Acesso em: 02 maio. 2008.

COSTA, A. L. C. C. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da equação universal de perda de solo na alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepitam utilizando SIG/SPRING**. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005. Disponível em: < http://lib2.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036p9/2005/costa_me_rcla.pdf >. Acesso em: 04 maio 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

DIAS, J. R. **Aplicação do modelo hidrológico AGNPS2001 utilizando dados observados na bacia do arroio Vacacaí-Mirim**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil)- Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003 Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/enquadra/Trabalhos/DissAnteriores/janaina.pdf>> . Acesso em: 05 maio 2008.

FABIAN, A. J. ; TORRES, J. L. R. Caracterização da paisagem para planejamento conservacionista em microbacia hidrográfica de Uberaba-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** p. 35-36.

FARINASSO, M. **Avaliação qualitativa do potencial erosivo em grandes áreas por meio da EUPS-Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias de sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-PI - MA.** 2005.105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba.** 1968. 151 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. New York: **Geological Society of American Bulletin**, New York, v.56,n. 3,p. 275-370, 1945.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. 242p.

LIMA, S. L. **Características da rede de drenagem e do relevo de três solos do estado de São Paulo, determinadas em fotografias aéreas e cartas planialtimétricas.**1987. 100 f. (Tese de Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MELLO FILHO, J. A.; ROCHA, J. S. M. da. Diagnóstico físico-conservacionista da sub-bacia hidrográfica do rio Sesmaria, em Resende-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola,1992. p.2178-2191,1992.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 28,n. 2, p. 297-305, 2004.

PISSARRA,T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal,SP:Comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e Fotografias aéreas verticais.**2002. 136 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,2002.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem.** 1998. 124p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PROCHNOW,M. C. R. **Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba:**subsídios ao seu planejamento e manejo.1990. 330 f. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas,Universidade Estadual Paulista, Rio Claro,1990.

PRUSKI, F. F.; AMORIM,R. S. S.;SILVA,D. D.;GRIEBELER,N. P.;SILVA,J. M. A. **Conservação de solo e água: praticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.**Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240 p.

RANIERI, S. B. L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando Sistemas de Informação Geográficas (SIG)**. 1996. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

RANIERI, S. B. L. **Estimativa da erosão do solo em uma bacia hidrográfica no município de Piracicaba (SP) utilizando os modelos USLE e WEPP**. 2000. 95 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in bed-lands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003, 138 p.

SILVA, A. L.; SILVA, E. C.; RESENDE, E. F.; PESSOA, E. J.; TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. F. Environmental diagnosis and socioeconomic of Stream Limo microbasin in Uberaba-MG In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND DEGRATION AND DESERTIFICATION, 2005, Uberlândia. **Anais...**p. 67.

SILVA, G. A. F. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncun, São Pedro – SP, Escala 1:10000**. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Departamento de Geotecnia, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/geopos/disserteses/ferreiradasilva.pdf>. Acesso em: 01 maio 2008.

SILVA, L. C. F. da. **Fotointerpretação de redes de drenagem e caracterização do relevo de dois solos do município de São Pedro-SP**. 1993. 125 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society America**, Colorado, v.63,p.1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative slope analysis. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v.65,n.5, p.571-596, 1956.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, New Halen, v.38, n.6, p. 913-920, 1957.

WEILL, M. A. M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida**.1999.100 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba- SP,1999.

WISCHMEIER, W. H. ; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning.58 p. (Agriculture Handbook, 537). Washington, DC: USDA, 1978.

CAPITULO 2 - EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA BACIA DO RIO UBERABA.

RESUMO - O potencial da chuva em causar erosão, erosividade, torna-se um guia valioso na recomendação de práticas de manejo de solo que visem reduzir a erosão hídrica. A estimativa dos valores de erosividade possibilita representar a capacidade potencial erosiva da chuva, que é de fundamental importância para o planejamento da conservação do solo. Os objetivos deste trabalho foram: calcular a erosividade das chuvas, utilizando-se dos índices EI_{30} e $KE>25$ para a bacia hidrográfica do rio Uberaba. Foram estudadas 703 chuvas no período de Janeiro/1999 a Dezembro/2005, das quais apenas 311 foram consideradas erosivas, correspondendo a 44,23% da precipitação ocorrida no período. O valor obtido para a erosividade (fator R) foi de $7846,54 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e de $102,05 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para o $KE>25$ respectivamente. O período de plantio de grãos e estabelecimento das culturas, na bacia do rio Uberaba, ocorre preferencialmente entre os meses de Outubro a Dezembro, período este no qual o potencial da chuva em causar erosão (erosividade) apresenta maior risco, correspondendo a 43,83% e 44,13% do total da erosividade anual para os índices EI_{30} e $KE>25$. Durante o período de Junho a Agosto, a erosividade não sofre acréscimos consideráveis, devido a baixa pluviometria na região.

Palavras Chave: coeficiente de chuva, erosão do solo, fator R, USLE

I - INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão hídrica, pelo uso e manejo inadequados. Para a utilização sustentada dos solos é necessário o conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, que variam de uma região para outra.

A previsão de perdas de solo e conseqüente produção de sedimentos nas bacias hidrográficas são indispensáveis ao planejamento conservacionista do solo e da água (LEMOS & BAHIA, 1992). Assim, a proteção contra a erosão hídrica requer um cuidado contínuo quanto à manutenção das práticas de conservação do solo.

A erosão hídrica do solo é um processo complexo que ocorre em três fases, nem sempre distintas uma das outras, pois podem ocorrer concomitantemente: a desagregação, o transporte e a sedimentação (ELTZ et al, 1984). Ela tem início quando as gotas de chuva começam a incidir sobre a superfície do solo, gerando ruptura dos agregados e predispondo-os ao transporte pela enxurrada. O impacto das gotas precipitadas, coloca em suspensão as partículas finas, as quais são transportadas quando o solo está saturado ou quando a lâmina precipitada é superior à capacidade de infiltração de água no solo, gerando escoamento superficial. Desta forma, o material transportado deposita-se em locais mais baixos, depressões naturais ou reservatórios de água, concluindo assim o processo erosivo.

As perdas de solo decorrentes da erosão hídrica dependem principalmente da declividade do terreno, do regime pluviométrico e das características do solo (CAMPOS FILHO et al., 1992).

As principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos, conforme BUCKMAN & BRADY (1976), são: a quantidade ou pluviometria total, a intensidade e a distribuição sazonal. Desta forma, a chuva é conceituada como um dos fatores climáticos de maior interferência na erosão dos solos, tanto o volume escoado como as velocidades da enxurrada dependem diretamente da intensidade, duração e freqüência das mesmas.

Os sedimentos podem ser considerados fontes de contaminação e poluição das águas superficiais, bem como causadores de assoreamento em canais de drenagem e barragens. Contudo, o enriquecimento do sedimento com nutrientes pode ocorrer pelo processo de deposição (FREIRE et al, 1980), e correlaciona-se ao aumento de partículas mais finas, como argila e silte e à concentração das partículas (MONKE et al., 1976).

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem sido bastante utilizada para a previsão da erosão hídrica funcionando como instrumento auxiliar no planejamento agrícola, pois permite a escolha de práticas que minimizem as perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Apesar do surgimento de outros modelos de previsão de perdas de solo, a EUPS vem sendo utilizada de forma crescente em alguns países, como valioso guia para o planejamento ambiental, devido a sua simplicidade e facilidade de operação (RENARD et al., 1994; HUDSON, 1995 citado por DIAS. et al., 2003). No entanto, sua utilização é dependente da confiabilidade dos dados usados na determinação dos fatores da equação.

A EUPS é representada pelo produto de seis variáveis ($A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$), sendo R o fator erosividade da chuva, K o fator erodibilidade do solo, L o fator comprimento do declive, S o fator grau do declive, C o fator cobertura e manejo do solo e P o fator práticas conservacionistas de suporte do solo. Além de abordar os parâmetros clima, solo, relevo, revela o resultado decorrente da ação antrópica quanto ao uso do solo (SILVA et al., 2003a) que é, em última análise, resultante das características culturais, econômicas e sociais das comunidades humanas.

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio da sua erosividade que se baseia nas características físicas das chuvas de cada região. No Brasil, poucos são os estudos básicos sobre características físicas das precipitações e também o são, geralmente, para um número reduzido de anos (CARVALHO et al., 2005).

LAL (1994) definiu erosividade como sendo a capacidade que tem a chuva de promover erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, processos devidos, respectivamente, ao impacto direto das gotas d'água e ao escoamento

superficial da água. Essa habilidade é atribuída à intensidade da chuva e à distribuição do tamanho de suas gotas, características que afetam a energia cinética com que ela promove a desagregação e o transporte das partículas do solo (NOLÊTO, 2005).

Além de seu papel como componente da EUPS o fator R (erosividade) ainda pode servir como parâmetro de suporte a trabalhos de extensão e assistência rural (BERTOL, 1994), pois permite definir épocas críticas quanto à erosão, orientando a melhor época para o estabelecimento das práticas de manejo e conservação do solo (VAL et al, 1986).

Buscando determinar de forma numérica uma expressão que melhor representasse a capacidade erosiva das chuvas dos EUA, WISCHMEIER & SMITH (1958) desenvolveram um índice intitulado de EI_{30} . Este índice é o resultado do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em qualquer período de 30 minutos consecutivos. Tanto o impacto da gota de chuva, a turbulência e o escoamento superficial acham-se bem combinados neste índice, daí sua elevada correlação com as perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH 1978). No Brasil, o parâmetro EI_{30} foi amplamente utilizado (LOMBARDI NETO, 1977; CASTRO FILHO et al., 1982; PEREIRA, 1983; MARGOLIS, 1985; MEDINA & OLIVEIRA JR., 1987; CARVALHO, 1987; MORAIS et al., 1988a; BERTOL, 1993; BERTOL, 1994; ROQUE & CARVALHO, 1999; ROQUE, 1999; ROQUE et al., 2001).

Segundo LAL (1976) e LAL et. al (1980) o modelo apresentado por WISCHMEIER & SMITH (1958) subestima os valores da energia cinética calculada da chuvas nas regiões tropicais, devido a existência de altas intensidades de precipitação, diferentes distribuição de gotas aliado freqüentemente com elevada velocidade dos ventos. Desta forma, HUDSON (1965) em estudos realizados em condições tropicais da África, verificou existir maior correlação das perdas de solo com o índice $KE_{>25}$, que consiste na energia cinética total das chuvas com intensidade superior a 25 mm h^{-1} , sendo desta forma o melhor parâmetro para expressar sua erosividade, dispensando para seu cálculo a intensidade máxima em trinta minutos, representando um índice de maior facilidade de obtenção.

Para a correta utilização da EUPS, é importante que o fator R represente o mais fielmente possível a erosividade média anual de uma região (WISCHMEIER & SMITH, 1958). Para se obter um fator R confiável, estima-se que sejam necessários de 10 a 20 anos de coleta de dados (WISCHMEIER & SMITH, 1978; CARVALHO et al., 1989). Entretanto, dada a falta de registros pluviográficos e a necessidade de maior rapidez na aquisição de conhecimentos sobre a erosividade, trabalhos têm sido divulgados abrangendo um número inferior de anos (RUFINO, 1986; MEDINA & OLIVEIRA JÚNIOR, 1987; MOURA & MEDEIROS, 1987; CARVALHO et al, 1989; MORAIS et al., 1991; CARVALHO et al, 1993; SILVA et al, 1997; SÁ et al, 1998; SILVA, 2003; CARVALHO et al, 2005). Esses fatos, aliados ao maior tempo gasto nos cálculos da erosividade têm levado muitos pesquisadores a tentarem relacionar os índices de erosividade da chuva (EI_{30} ou $KE > 25$) com suas características pluviométricas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Observa-se que as características pluviométricas mais comumente relacionadas com a erosividade são a lâmina precipitada e o coeficiente de chuva (FORNIER, 1960). Desta forma, vários trabalhos possibilitaram estimar o fator R (erosividade) a partir do conhecimento das lâminas diárias precipitadas (LAL, 1988, MORAIS et al., 1988b; BERTOL, 1993; RUFINO et al., 1993)

A erosão hídrica constitui um dos maiores problemas verificados na bacia do rio Uberaba devido a ocorrências de desmatamentos para uso agrícola e o uso indevido de áreas legalmente destinadas à reserva, mata ciliar e de encosta (CRUZ, 2003). Desta forma, tais fatores tem contribuído para a instabilidade de áreas de produção agrícola, gerando a necessidade do estabelecimento de manejo do solo adequado e recuperação de extensas áreas degradadas.

Sabendo-se da respectiva escassez de informações sobre a erosividade das chuvas na região dos cerrados, e em especial na bacia do rio Uberaba, local de importância agrícola da região, os objetivos deste trabalho foram: (i) calcular a erosividade das chuvas para a bacia do rio Uberaba; e (ii) elaborar equações que permitam estimar a erosividade, através de parâmetros pluviométricos.

II - MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A bacia do rio Uberaba está situada entre os paralelos $19^{\circ} 30' 37''$ e $20^{\circ} 07' 40''$ de latitude sul e os meridianos de $47^{\circ} 39' 02''$ e $48^{\circ} 34' 34''$ a oeste de Greenwich. Com extensão de 2.419 km^2 e perímetro de $308,04 \text{ km}$, compreende os municípios de Uberaba, Veríssimo, Conceição das Alagoas, Planura e uma pequena porção de Campo Florido, destacando-se a sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas.

Conceituado como um dos mais importantes pólos econômicos do triângulo mineiro, o município de Uberaba possui cerca de 260 mil habitantes (IBGE, 2000).

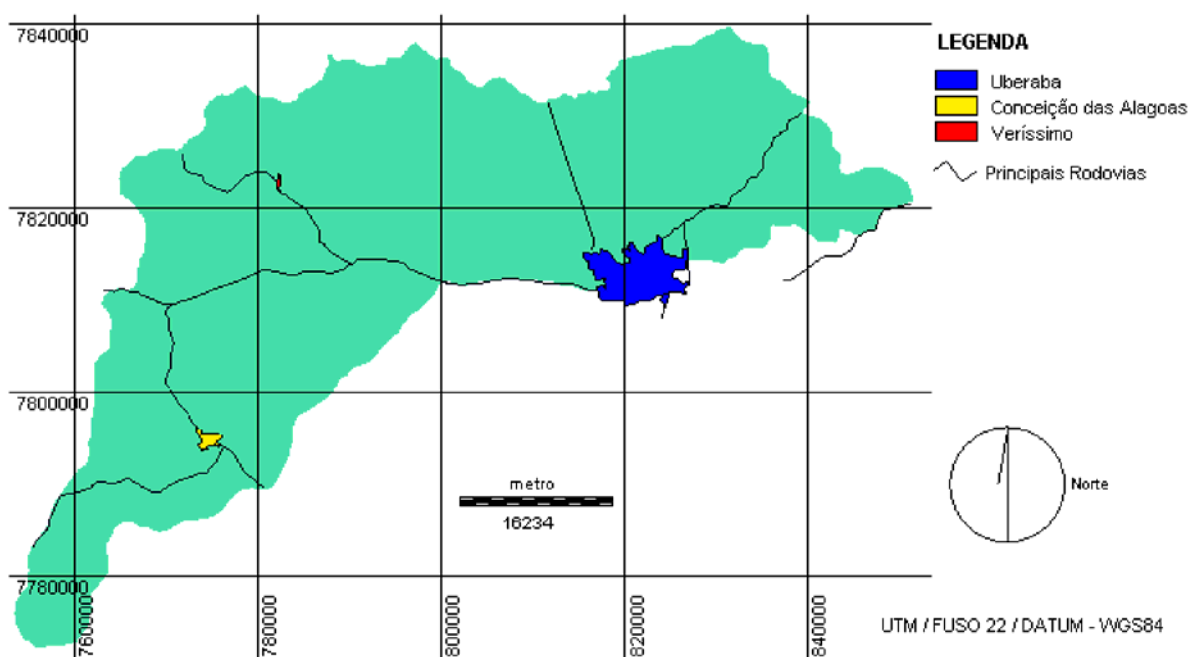


Figura 1 – Principais municípios da bacia do rio Uberaba

2.2. Clima Regional

Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, classificado como frio e seco e o de verão, como quente e chuvoso. Quanto ao regime pluviométrico a região caracteriza-se por um regime chuvoso de outubro a abril, sendo a estação seca de maio a setembro e os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos.

A precipitação média anual é de 1584,2 mm, sendo o trimestre mais chuvoso, dezembro - janeiro – fevereiro, com precipitação entre 42,8 e 541 mm /mês, para uma série histórica de sessenta e dois anos, (SILVA et al., 2003a).

A bacia do rio Uberaba apresenta segundo classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido com 4 a 5 meses secos. A umidade relativa do ar média oscila entre 70 e 75 %, sendo seus valores máximos verificados no mês de dezembro (81%) e mínimos no mês de agosto (52%) (GOMES, 1982 citado por CRUZ, 2003).

A temperatura média anual varia entre 20 e 24° C, sendo que os meses mais quentes do ano são outubro e fevereiro, com temperaturas variando entre 21 e 25° C e julho o mês mais frio, com temperaturas variando de 16° C a 18° C (INMET/EPAMIG,2000).

2.3. A erosividade

Para o cálculo da erosividade foram utilizados registros contínuos cotados dos pluviogramas diários da cidade de Uberaba (MG) do período entre janeiro de 1999 a dezembro de 2005, obtidos junto à Estação Climatológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)/ 5° DISME. A amplitude de registro destes dados foi de 10 mm de precipitação, com precisão de 0,2 mm, sendo o tempo de registro de 24 horas, com unidade de 10 minutos. Após serem cotadas manualmente os dados pluviográficos de 311 chuvas individuais erosivas, foram calculadas as energias cinéticas totais das chuvas para cada evento.

Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de seis horas. As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que 24 mm h^{-1} , em 15 min, foram consideradas não-erosivas (MARIA, 1994).

Na determinação dos padrões de chuva, para cada chuva individual erosiva, calculou-se a intensidade (mm h^{-1}) e duração (h) de cada segmento do pluviograma com intensidades distintas em cada intervalo.

Para a determinação dos índices de erosividade, cada chuva individual foi cotada manualmente em segmentos de intensidade uniforme. A energia cinética total da chuva e a sua intensidade máxima em trinta minutos, I_{30} , foram obtidas por programa de computador elaborado em planilha eletrônica Microsoft Excel, utilizando-se o método de WISCHMEIER & SMITH (1958). Para calcular a energia cinética, foi utilizada a equação de WISCHMEIER & SMITH (1958), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por FOSTER et al. (1981), dada por:

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

em que,

E_c : energia cinética da chuva no segmento ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$);

I : intensidade da chuva (mm h^{-1}).

No uso da equação (1) quando a intensidade de precipitação superou o valor de 72 mm h^{-1} no cálculo da energia cinética adotou-se o valor de intensidade igual a 72 mm/h conforme WISCHMEIER & SMITH (1978).

Os resultados encontrados mediante o uso desta equação foram multiplicados pela lâmina de chuva precipitada em cada segmento e, em seguida realizada a soma dos valores para uma mesma chuva individual.

Na obtenção do índice EI_{30} ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), foi identificada a maior lâmina de chuva precipitada em 30 minutos no pluviograma, com a qual se calculou a intensidade máxima de chuva observada nessa duração, donde pelo produto entre a energia cinética total da chuva ($E_c = \text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e a intensidade máxima em 30 minutos ($I_{30} =$

mm h⁻¹), calculou-se para cada precipitação o índice EI₃₀ de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1958).

$$EI_{30} = E_c \cdot I_{30} \quad (2)$$

Para a obtenção do índice KE>25, utilizaram-se os mesmos parâmetros citados desconsiderando-se, porém, as precipitações com intensidades médias em cada segmento, inferiores a 25 mm h⁻¹; desta forma, o índice KE>25 foi obtido por meio do somatório das energias cinéticas dos segmentos de chuva com intensidades maiores que 25 mm h⁻¹. Com os valores de EI₃₀ e KE>25, obtidos em cada precipitação, foi possível determinar os índices de erosividade mensais e, posteriormente, os anuais, a cidade de Uberaba. Foi determinado, também, o coeficiente de chuva (Rc), conforme apresentado por SILVA et al. (1997) e proposto por LOMBARDI NETO (1977), ou seja:

$$Rc = \frac{Pm^2}{Pa} \quad (3)$$

em que,

Rc: o coeficiente de chuva em mm;

Pm: a precipitação média mensal em mm; e

Pa: a precipitação média anual (mm).

A curva de distribuição relativa acumulada da erosividade em função do tempo, foi obtida através dos valores médios mensais em relação ao valor médio anual, conforme WISCHMEIER & SMITH (1978), para a cidade de Uberaba.

A Análise de regressão entre os valores do índice EI₃₀ e KE>25 médio mensal (variável dependente y), calculados com dados de pluviografia, e os valores do coeficientes de chuvas mensais (Rc) (variável independente x), determinados no período de 1999 a 2005, foi efetuado utilizando-se o programa estatístico Regression Fitted Line Plot (MINITAB, 1998), donde procedeu-se o ajuste das funções dos seguintes tipos: linear, potencial, exponencial, quadrática, logarítmica e polinomial, dos dados de erosividade médios mensais e de coeficiente de chuva. Assim, foram apresentados os coeficientes de ajuste para o modelo matemático que apresentou o maior coeficiente de determinação (r²). Posteriormente, foi efetuada a análise da variância, com o objetivo de verificar a significância do ajuste. Simultaneamente, gerou-

se a análise de regressão entre os valores do índice EI_{30} e $KE>25$ médio mensal (variável dependente y), calculados com dados de pluviografia, e os valores mensais médios precipitados (variável independente x), determinados no período de 1999 a 2005, donde foi efetuado utilizando-se do programa estatístico (MINITAB, 1998) com os mesmos ajustes das funções citados acima.

As análises de regressão entre os valores médios mensais dos índices de erosividade e os parâmetros pluviométricos (R_c e Precipitação média) foram testadas pelo teste F a 1% de probabilidade.

III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante análise das 703 chuvas, 311 foram consideradas erosivas, representando 44,23% da precipitação ocorrida no período de janeiro/1999 a dezembro/2005. Desta forma, a erosividade (fator R), referente a região de Uberaba, MG, determinada neste trabalho é de $7846,54 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a qual pode ser classificada como forte segundo SILVA et al. (2003 b). Em algumas regiões brasileiras a erosividade pode chegar até a $14130 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em Manaus, AM, segundo OLIVEIRA JUNIOR & MEDINA (1990). Assim, o fator erosividade da chuva de Uberaba (MG), aproxima-se dos valores encontrados na região Sudeste do Brasil (Tabela 1).

Tabela 1 – Erosividade da chuva para região sudeste do Brasil.

| Local | Estado | Erosividade | | Fonte |
|---------------------|--------|---|---------------------|--------------------------|
| | | EI_{30} | $KE>25$ | |
| | | $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ | MJ ha^{-1} | |
| Mococa | SP | 7747 | 141,7 | Carvalho et al. (1989); |
| Pedrinhas Paulistas | SP | 7669 | ---- | Moreti et al. (2003); |
| Pirajú | SP | 7074 | ---- | Roque et al. (2001); |
| Presidente Prudente | SP | 7161 | ---- | Tommaselli et al.(1999). |

Na Tabela 2 e Figura 2 são apresentados os dados de precipitação e erosividade. A precipitação ocorrida entre os meses de novembro a março corresponde a 81,16% do total anual e a erosividade para o mesmo período para os índices EI_{30} e $KE>25$ são respectivamente de 88,14 e 85,87% do total, mostrando que para os respectivos meses existe maior risco de ocorrência de erosão hídrica.

Tabela 2 – Médias mensais dos índices erosivos estudados da precipitação e coeficiente de chuva ocorrida em Uberaba, MG, de jan./99 a dez./2005.

| Meses | Erosividade | | Precipitação (Média mensal) (mm) | Coeficiente de Chuva (Rc) (mm) |
|-------------|---|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| | EI_{30} MJ mm ha ⁻¹ ano ⁻¹ | $KE>25$ (MJ ha ⁻¹) | | |
| Jan. | 1383,60 | 17,76 | 340,28 | 72,198 |
| Fev. | 1462,49 | 17,49 | 247,05 | 38,055 |
| Mar. | 995,83 | 14,79 | 217,68 | 29,546 |
| Abr. | 125,70 | 1,70 | 52,70 | 1,731 |
| Mai. | 151,10 | 1,28 | 47,48 | 1,405 |
| Jun. | 25,57 | 0,41 | 8,37 | 0,043 |
| Jul. | 28,65 | 0,47 | 13,73 | 0,1175 |
| Ago. | 11,87 | 0,00 | 20,27 | 0,256 |
| Set. | 222,14 | 3,12 | 63,50 | 2,514 |
| Out. | 365,68 | 7,44 | 96,08 | 5,756 |
| Nov. | 1104,61 | 12,76 | 179,02 | 19,981 |
| Dez. | 1969,30 | 24,83 | 317,64 | 62,910 |
| Total Anual | 7846,54 | 102,05 | 1603,80 | |

¹ $KE>25$ = energia cinética dos segmentos de chuva com intensidade superior a 25 mm h⁻¹ determinada segundo Wischmeier & Smith (1958); EI_{30} = multiplicação da energia cinética total originada de uma chuva erosiva pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos determinada segundo Wischmeier & Smith.

Os resultados mostrados na Tabela 3 apresentam elevados coeficientes de variação mensal da erosividade para os meses de abril a setembro, entretanto, estes resultados são normais, tratando-se de meses de baixa precipitação na região de Uberaba, quando é comum uma maior variabilidade na ocorrência de chuvas.

Tabela 3. Valores mensais, anuais, médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices (EI₃₀) e (KE>25) para Uberaba- MG, para o período de 1999 a 2005.

| Meses | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 | Média | DP | CV |
|---|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| (EI ₃₀) (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹) | | | | | | | | | |
| Jan. | 639,82 | 1868,66 | 1665,46 | 2204,69 | 722,49 | 1200,49 | 1383,60 | 634,46 | 45,90 |
| Fev. | 407,03 | 2209,07 | 3338,79 | 816,88 | 1986,29 | 16,91 | 1462,49 | 1262,75 | 86,30 |
| Mar. | 292,48 | 2966,81 | 416,51 | 103,16 | 805,72 | 1390,29 | 995,83 | 1068,05 | 107,30 |
| Abr. | 0,00 | 0,00 | 43,53 | 0,00 | 710,69 | 0,00 | 125,70 | 287,11 | 228,40 |
| Mai. | 102,47 | 0,00 | 0,00 | 51,05 | 151,91 | 601,16 | 151,10 | 228,29 | 151,10 |
| Jun. | 50,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 103,26 | 0,00 | 25,57 | 43,02 | 168,30 |
| Jul. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 51,60 | 120,29 | 0,00 | 28,65 | 49,41 | 172,50 |
| Ago. | 0,00 | 0,00 | 71,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,88 | 29,09 | 244,90 |
| Set. | 200,97 | 790,11 | 0,00 | 11,05 | 0,00 | 330,70 | 222,14 | 309,21 | 139,20 |
| Out. | 74,43 | 364,72 | 300,69 | 246,85 | 153,89 | 1053,50 | 365,68 | 352,45 | 96,40 |
| Nov. | 1437,47 | 962,22 | 1340,77 | 1335,91 | 121,24 | 1430,02 | 1104,61 | 512,49 | 46,40 |
| Dez. | 2797,56 | 2105,43 | 1031,46 | 395,14 | 3609,53 | 1876,68 | 1969,30 | 1162,84 | 59,00 |
| total anual | 6002,40 | 11267,02 | 8208,47 | 5216,32 | 8485,30 | 7899,75 | 7846,54 | 2124,16 | 27,10 |
| Meses | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 | Média | DP | CV |
| KE>25 (MJ ha ⁻¹) | | | | | | | | | |
| Jan. | 8,29 | 29,12 | 21,15 | 33,42 | 0,00 | 14,56 | 17,76 | 12,65 | 71,20 |
| Fev. | 0,00 | 33,65 | 35,47 | 12,66 | 23,18 | 0,00 | 17,49 | 15,82 | 90,40 |
| Mar. | 2,37 | 47,58 | 5,48 | 4,79 | 12,11 | 16,43 | 14,79 | 16,88 | 114,10 |
| Abr. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,18 | 0,00 | 1,70 | 4,15 | 244,40 |
| Mai. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,22 | 2,48 | 1,28 | 2,16 | 169,40 |
| Jun. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,48 | 0,00 | 0,41 | 1,01 | 246,90 |
| Jul. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,74 | 0,00 | 0,46 | 1,11 | 243,10 |
| Ago. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | ----- |
| Set. | 0,00 | 12,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,67 | 3,12 | 5,13 | 164,50 |
| Out. | 0,00 | 7,01 | 7,15 | 5,22 | 5,18 | 20,07 | 7,44 | 6,71 | 90,10 |
| Nov. | 12,99 | 16,23 | 14,95 | 21,68 | 0,00 | 10,71 | 12,76 | 7,25 | 56,80 |
| Dez. | 34,12 | 31,73 | 9,31 | 2,48 | 43,47 | 27,90 | 24,83 | 15,69 | 63,10 |
| total anual | 57,77 | 177,40 | 93,52 | 80,25 | 104,56 | 98,81 | 102,05 | 40,50 | 39,60 |

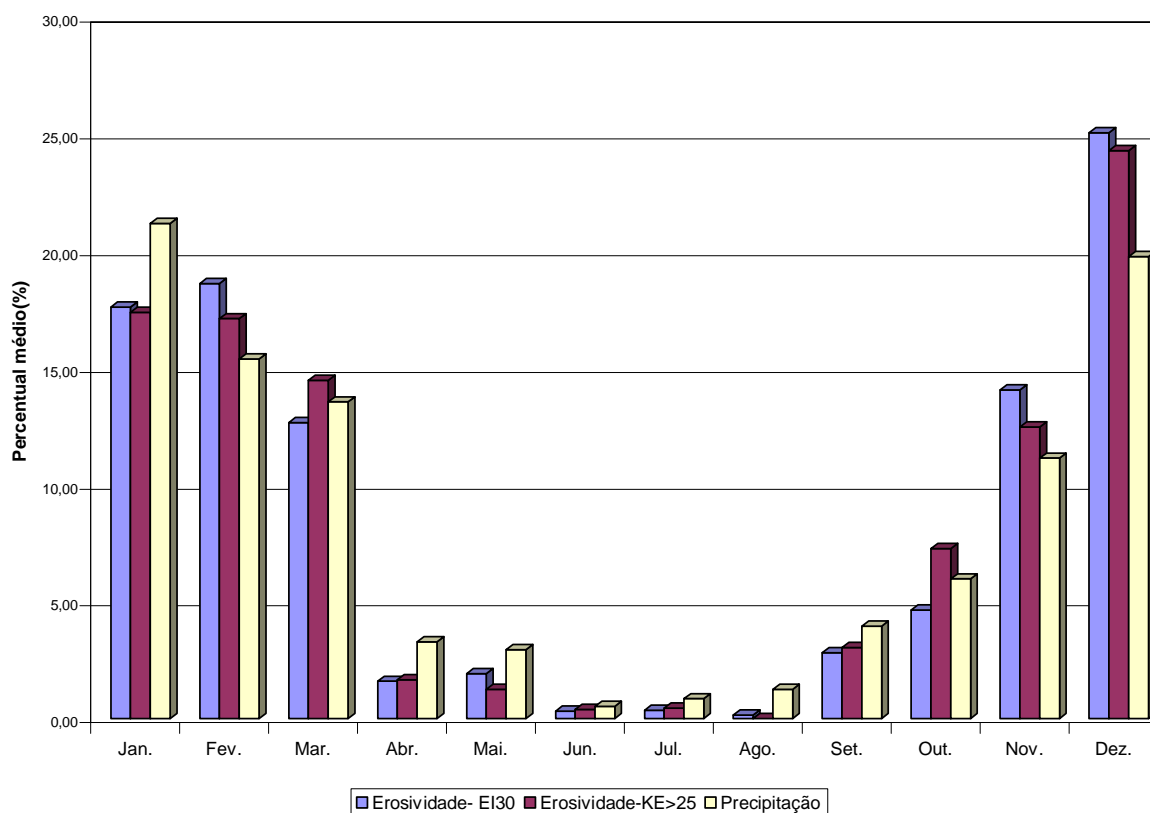


Figura 2 . Histograma de distribuição dos valores médios mensais da erosividade (EI₃₀ e KE>25) e da precipitação das chuvas para Uberaba-MG no período 1999 a 2005.

Observando-se a Figura 3 constata-se que os segmentos com maior inclinação das curvas de distribuição dos valores médios mensais acumulados para os índices EI₃₀ e KE>25, representam os períodos com maior risco erosivo, os quais em Uberaba (MG) compreende-se de janeiro a março, seguindo-se o período de novembro a dezembro. Nos meses de abril a setembro não houve elevação da inclinação das curvas de distribuição dos valores médios, apresentando desta forma menor risco erosivo neste período.

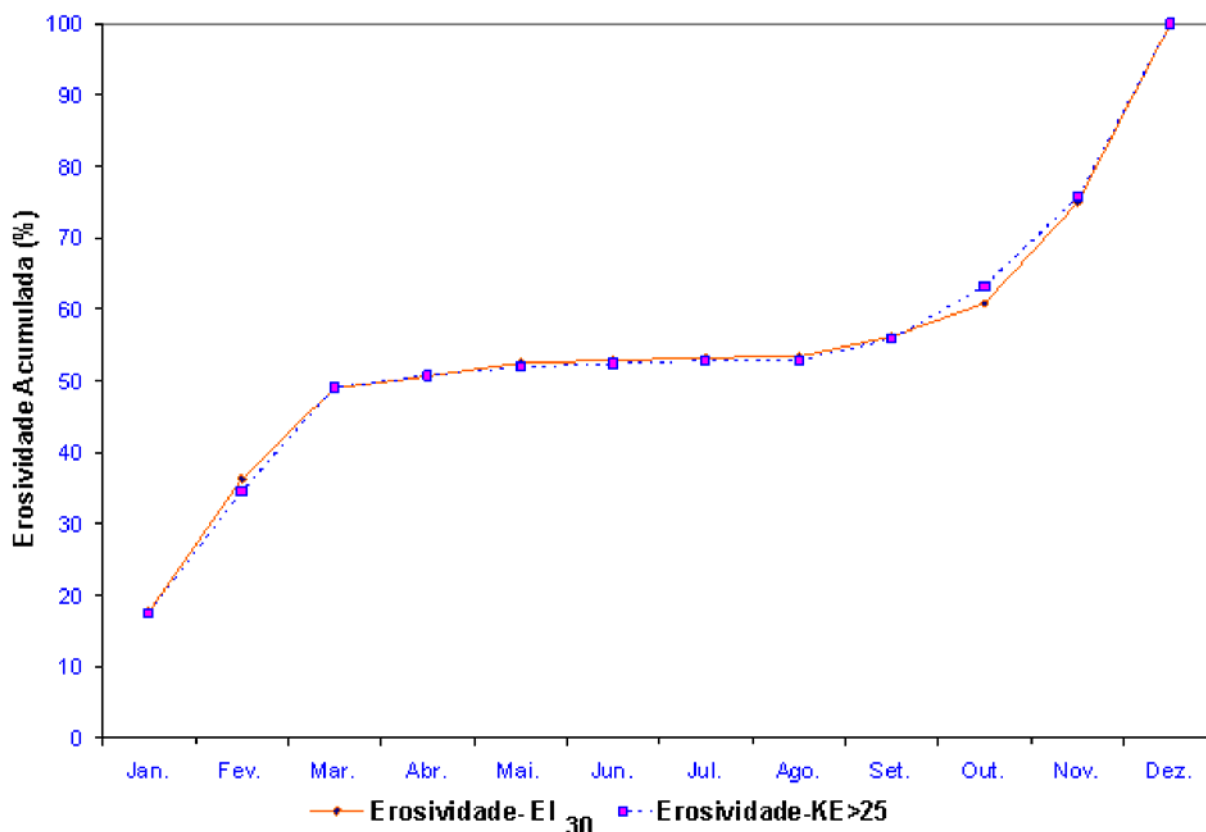


Figura 3 – Curva de distribuição da erosividade acumulada da chuva (EI₃₀ e KE>25) de Uberaba (MG).

Durante sete meses (outubro a abril) da estação chuvosa, ocorrem, em média, 1603 mm de precipitação, 81,16% dos quais entre novembro e março (cinco meses). O mês mais chuvoso é janeiro seguido de dezembro e fevereiro. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram maior ocorrência de chuvas individuais erosivas (nove vezes), seguidos pelos meses de novembro e dezembro que apresentam uma frequência de sete vezes (Tabela 4). O período de plantio de grãos e estabelecimento das culturas, na bacia do rio Uberaba, ocorre preferencialmente entre os meses de outubro a dezembro, período este onde o potencial da chuva em causar erosão (erosividade) apresenta risco, correspondendo a 43,83% e 44,13% do total da erosividade anual para os índices EI₃₀ e KE>25 (Figura 4). Durante o período de junho a agosto, a erosividade não sofre acréscimos consideráveis, devido a baixa pluviometria na região.

Tabela 4 – Frequência mensal média de chuvas individuais e chuvas erosivas de Uberaba-MG, para o período de 1999 a 2005.

| Meses | Frequência de chuvas | Frequência chuvas erosivas |
|-------|----------------------|----------------------------|
| Jan. | 19 | 9 |
| Fev. | 15 | 9 |
| Mar. | 16 | 6 |
| Abr. | 7 | 2 |
| Mai. | 4 | 2 |
| Jun. | 2 | 1 |
| Jul. | 2 | 1 |
| Ago. | 2 | 2 |
| Set. | 8 | 3 |
| Out. | 8 | 5 |
| Nov. | 15 | 7 |
| Dez. | 20 | 7 |

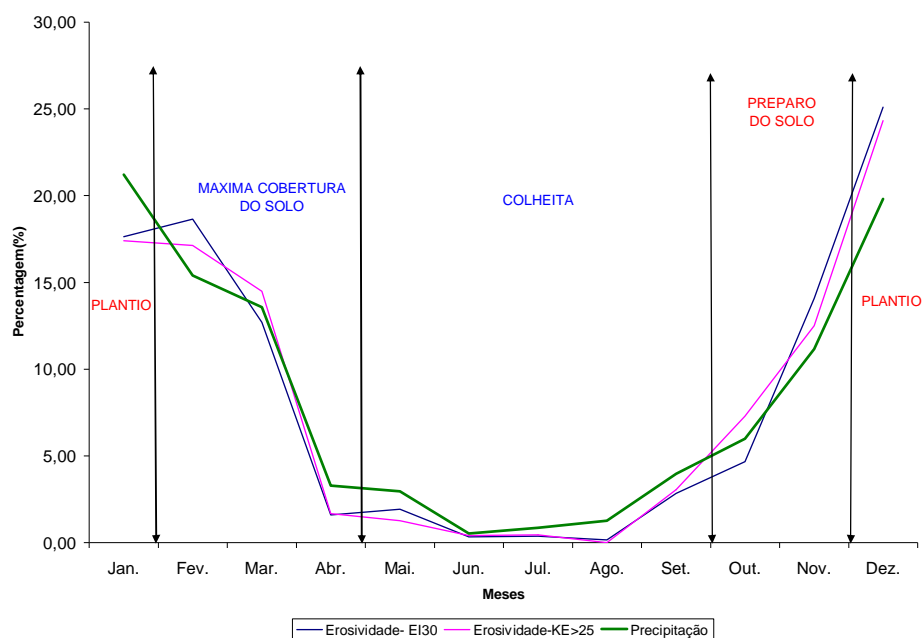


Figura 4 - Distribuição média percentual dos índices de erosividade (EI₃₀, KE>25) e precipitação para Uberaba-MG

Na Tabela 5 apresentam-se as equações ajustadas para a estimativa da erosividade (EI_{30} e $KE>25$ respectivamente). Todas as equações foram significativas ao nível de 1% de probabilidade e os coeficientes de determinação (R^2) foram elevados, variando de 0,927 a 0,960. Ao se utilizar o coeficiente de chuva (Rc), ao invés da precipitação média, para estimar a erosividade, houve um pequeno aumento no valor do coeficiente de determinação (R^2). LOMBARDI NETO (1977) propôs que a relação entre a erosividade e o coeficiente Rc fosse expressa por uma equação do tipo potencial ($EI_{30} = a \cdot Rc^b$), a qual foi usada com sucesso em diversas situações (VAL et al., 1986; CARVALHO et al., 1991).

Tabela 5. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ajustados para estimativa da erosividade das chuvas à partir do coeficiente de chuva (Rc) e Precipitação média mensal(Pm).

| Ordenada (Y) | Abcissa (X) | Modelo | Equação | R^2 | F |
|-----------------|----------------|------------|---|-------|----|
| EI_{30} | Rc | Polinomial | $EI_{30} = 38,8605 + 55,5810.Rc - 0,473748.Rc^2$ | 0,955 | ** |
| EI_{30} | Pm | Linear | $EI_{30} = -79,2181 + 5,4853.Pm$ | 0,929 | ** |
| $KE>25$ | Rc | Polinomial | $KE>25 = 0,759281 + 0,705559.Rc - 0,0060774.Rc^2$ | 0,960 | ** |
| $KE>25$ | Pm | Linear | $KE>25 = -0,7417 + 0,0692.Pm$ | 0,942 | ** |
| EI_{30} | Rc | Potencial | $EI_{30} = 105.2193.Rc^{0,6757}$ | 0,927 | ** |

Obs: (**) significativo a nível de 1% de probabilidade teste de F.

IV - CONCLUSÕES

O valor médio anual da erosividade, índice EI_{30} , referente à região de Uberaba (MG) é de $7846,54 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Para Uberaba, o valor médio anual da erosividade, índice de $KE>25$ é $102,05 \text{ MJ ha}^{-1}$.

A erosividade mensal das chuvas da região pode ser estimada pelas seguintes equações: (i) $EI_{30} = 38,8605 + 55,5810 \cdot Rc - 0,473748 \cdot Rc^2$; (ii) $EI_{30} = -79,2181 + 5,4853 \cdot Pm$; (iii) $KE>25 = 0,759281 + 0,705559 \cdot Rc - 0,0060774 \cdot Rc^2$; (iv) $KE>25 = -0,7417 + 0,0692 \cdot Pm$; (v) $EI_{30} = 105,2193 \cdot Rc^{0,6757}$.

O risco de ocorrência de erosão hídrica atinge o mais alto nível durante os meses de novembro a março sendo que os índices EI_{30} e $KE>25$ correspondem a 88,14 e 85,87% do total anual.

No período estudado, 44,23% da precipitação ocorrida foi considerada erosiva.

V - REFERENCIAS:

BERTOL, I.; MIQUELLUTI, D. J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p.1205-1213, 1993.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lajes (SC). 1ª. aproximação . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4 p. 515-521, 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1453-1458, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 595 p.

CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.; LEPRUN, J. C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1363-1370, 1992.

CARVALHO, M. P. **Erosividade da chuva**: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa - SP. 1987. 104 f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba ESALQ/USP, Piracicaba, 1987.

CARVALHO, M. P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionado com as perdas de solo e determinação da erosividade de um Latossolo Roxo Distrófico de Campinas (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 445-450, 1993.

CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; CATANEO, A. Índice KE_{>25} para análise da erosividade da chuva de Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 375-381, set./dez. 1991

CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 243-249, 1989.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.;FRANCO, E. M.;VALCARCEL,R; BERTOL, I.Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo,RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,Campina Grande, v. 9,n. 1,p. 7-14, 2005.

CASTRO FILHO, C.; CATANEO, A. & BISCAIA R. C. M. Utilização da metodologia de Wilkinson, para cálculo do potencial erosivo das chuvas em 5 localidades do Paraná.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas V.6, p.240-241, 1982.

CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG**. 2003. 182 f. Tese(Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, , Campinas, 2003.

DIAS, A. S.;SILVA, J. R. C. A erosividade das chuvas em fortaleza (CE). I – Distribuição, Probabilidade de ocorrência e período de retorno – 1ª aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27.p. 335-345, 2003.

ELTZ, F. L.;CASSOL, E. A.;SCOPEL, I.;GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em Solo Laterítico Bruno - Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8.p.117-125, 1984.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G. ; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36.p. 355-359, 1981.

FOURNIER, F. **Climat et erosion**: la relation entre l'erosion du sol par l'eau et les precipitations atmospheriques. Paris. Presses Universitaires de France, 1960. 201 p.

FRERE, M. H,ROSS, J. D;LANE, L. J. The nutrient sub-model. In: Knisel, W. G., ed. **CREAMS**: A field-scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. Washington: USDA, 1980. p. 65-87 (Conservation Research Reporter, 26)

HUDSON, N. W. **The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with to northern Rhodesia**. 1965. 128f. Thesis (MSc) University of Cape Town, Cape Town, 1965.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Ithaca, Cornell University Press, 1981.320 p.

INMET– Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos de Uberaba**. Uberaba, 2000.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil erosion research methods**. Ankeny: SWCS, 1988. p.141-160.

LAL, R. **Soil erosion**: research methods. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994. 340 p.

LAL, R.; LAWSON, T. L ; ANASTASE, A. H. Erosivity of tropical rains. In: BOODT,M. de ; GRABRIRLS,D. (Ed.). **Assesment of erosion**. Chichester: J.Wiley,1980. p.143-151.

LAL, R. Soil erosion on alfisols in Western Nigeria. III:Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**, Amsterdam, v.16,p. 389-401, 1976.

LEMOS, M.S.S. & BAHIA, V.G. Erosividade da chuva. **Informe Agropecuário**, v.16, Belo Horizonte, p. 25-31,1992.

LOMBARDI NETO, E. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas**, Brasil.1977.53 f. Thesis (MSc), Purdue University, West Lafayette, 1977.

MARIA, I. C. de Cálculo da erosividade da chuva. In:LOMBARDI NETO, F.;CASTRO, O. M. de; DECHEN, S. C. F.; VIEIRA, S. R.; MARIA,I. C. de. **Manual de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC-SCS, 1994. não paginado.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B. ; JACQUES, F. O. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 165-169, 1985.

MARQUES,J. J. G. S. M; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33 , n 5 ,p. 677-684,1998.

McGREGOR, K. C.; BINGER, R. L.; BOWIE, A. J.; FOSTER, G. R. Erosivity index values for northern Mississippi. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 4, p. 1039-1047, 1995.

MEDINA, B. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 67-70, 1987.

MONKE, E. J.; MARELLI, H. J.; MEYER, L. D.; DE JONG, J. F. Runoff erosion and nutrient movement from interill areas. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St Joseph, v. 20 p. 58-61, 1976.

MORAIS, L. F. B.; MUTTI, L. S. M.; ELTZ, F. L. F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 281-284, 1988a.

MORAIS, L. F. B.; MUTTI, L. S. M. & ELTZ, F. L. F. Relações entre características da chuva e perdas do solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v. 12, p. 285-288, 1988b.

MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 339-344, 1991.

MORETI, D.; MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P. Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 137-145, 2003

MOURA, A. R. B.; MEDEIROS, J. F. Determinação inicial da erosividade da chuva (fator R) em 1985, em Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 229-231,1987.

NOLÊTO, T. M. S. J. **Suscetibilidade geoambiental das terras secas da Microregião de Sobral CE a desertificação**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; MEDINA, B. F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 235-239,1990.

PEREIRA, H. H. G. **Índices de erosividade da chuva**: distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba-SP. 1983. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

PRUSKI, F. F. **Conservação de água e solos**: curso de gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentados de projetos hidroagrícolas, Brasília, ABEAS, 1996. 88 p.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; YODER, D. C.; McCOOL, D. K. RUSLE revised: status, questions, answers, and the future. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, n. 3, p. 213-220, 1994.

ROQUE, C. G. **Erosividade da chuva**: distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva para o município de Piraju (SP). 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.

ROQUE, C. G. & CARVALHO, M. P Distribuição da erosividade da chuva de Novo Horizonte (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília, 1999. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. E ; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25.p. 147-156, 2001.

RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, n. 3, p. 279-281,1986.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 439-444,1993.

SÁ,J. J. G; MARQUES, M.; ALVARENGA, R. C.;CURI, N. Erosividade das chuvas da Região de Sete Lagoas,MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,v.33,n.5,p. 761-768,1998.

SILVA, A. M. **Erosividade e perdas por erosão em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, W. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27 n.3 ,p. 665-674, 2003a.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003b, 138 p.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia(GO). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa v. 21, n. 1, p. 131-137, 1997.

TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W. A. Erosividade da chuva da Região Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 269-276, 1999.

VAL, L. A.; BAHIA, V. G.; FREIRE, J. C.; DIAS JÚNIOR, M. S. Erosividade das chuvas em Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.10, n.2, p.199-209, 1986.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Proceedings of the Science America**, Madison, v. 20, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537)

CAPITULO 3 - POTENCIAL DE EROSÃO DA BACIA DO RIO UBERABA.

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo identificar qualitativamente as áreas susceptíveis à erosão laminar na bacia do rio Uberaba, localizada em Uberaba-MG, apoiado no modelo matemático da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Foram utilizadas cartas de: solos, uso e ocupação das terras, redes de drenagem, declividade e dados pluviográficos, utilizando-se de um Sistema de Informação Geográfica (SIG – IDRISI). A espacialização do potencial de erosão só foi possível a partir da estimativa da tolerância às perdas laminares para cada tipo de solo da bacia, e da profundidade dos solos, por entender que as perdas são mais significativas em solos mais rasos do que em solos muito profundos. Na análise dos resultados, verificou-se que 37,42% da área total da bacia do rio Uberaba (905,24 km²) sofrem perdas de solos acima do limite de tolerância, sendo 12,15% em solos profundos e 25,27% em muito profundos, e a espacialização deste evento, favorece a adoção de ações efetivas quanto a conservação dos solos da bacia.

PALAVRA-CHAVE: EUPS, impacto ambiental, perdas de solo

I - INTRODUÇÃO

A erosão nas bacias hidrográficas é considerada um dos problemas mais sérios da atualidade, influenciando a produção agrícola, devido ao conseqüente empobrecimento do solo, e no abastecimento de água, acarretando a diminuição de sua disponibilidade nos reservatórios devido ao assoreamento. Desta forma, estudos mais aprofundados com relação aos processos erosivos e processos hidrológicos, têm exigido metodologias mais eficientes que proporcionem maior agilidade e potencial analítico dos dados no âmbito de bacias hidrográficas. Neste sentido, o modelo de avaliação ambiental da Equação Universal das Perdas de Solo (EUPS) apresenta-se como importante ferramenta, principalmente por proporcionar fácil implementação em sistemas de informação geográfica.

O controle da erosão deve ser efetuado mediante o uso de ações de caráter preventivo e após sua ocorrência através de ações corretivas, sendo que as informações quanto as potencialidades das terras, quanto ao seu uso e ocupação, devem ser obtidas através do mapa de risco de erosão (RIBEIRO, 2002)

O saber das relações existentes entre os fatores que ocasionam as perdas de solo e as que permitem amortizá-los é de fundamental importância no estudo dos processos erosivos. Geralmente, a erosão é desencadeada pelo impacto das gotas da chuva na superfície do solo, que promove a desagregação das suas partículas e, posteriormente, a movimentação desse material devido às ações do escoamento superficial (GALERANI et al., 1995; GUERRA, 1999).

Dentro dos diversos tipos de erosão, encontra-se a hidrica, que por sua vez, subdivide-se em laminar, em sulcos ou ravinas, e em voçorocas. Desta forma, a erosão laminar pode ser entendida como a remoção de uma camada fina, teoricamente homogênea (para solos em condições de declividade uniforme em toda a vertente).

A erosão laminar é um processo causado pelo escoamento contínuo das águas da chuva que remove de forma progressiva e relativamente uniforme os horizontes superficiais do solo (GALERANI et al., 1995). Esse tipo de erosão ocorre de forma freqüente em áreas agrícolas, durante o período de preparo do solo e plantio, quando

geralmente o solo encontra-se desprovido de cobertura vegetal. É a forma de erosão hídrica menos percebida, porém em dias chuvosos nota-se que a água de escoamento superficial em meio rural é normalmente turva, o que dá idéia que parte dos sedimentos superficiais estão sendo transportados. Desta forma, são perdidos no Brasil, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra anualmente, correspondendo ao desgaste de 15 cm de espessura numa área de 280.000 hectares de terra (MARQUES, 1971 citado por BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A erosão em sulcos ocorre principalmente pelo escoamento superficial concentrado em função das irregularidades da vertente. Conceituada como um processo de incisão vertical mais ou menos profundo no terreno que podem ser prevenidos utilizando-se técnicas apropriadas de conservação do solo, no início do processo. Caso os sulcos não sejam rapidamente revertidos, o processo de erosão se intensifica gerando voçorocas, que podem ser entendidas como grandes cavidades, em profundidade e em extensão, que dependendo da maciez e coesão dos matérias constituintes do perfil do solo, que já atingiram o nível do lençol freático (BAPTISTA,1997)

Sendo a erosão um processo de degradação do solo devido à atuação de fatores naturais e antrópicos, deve-se buscar a manutenção da produtividade agrícola como forma do meio produtivo.

As atividades de exploração intensiva de recursos naturais, como a atividade agrícola, são classificadas como de alto potencial de impacto ambiental e econômico (CASTRO et al., 1997). Desta forma, constituem os principais agentes deflagadores dos processos erosivos, quando a erosão normal, ocasionada pelos fatores naturais, dá lugar à erosão acelerada, resultado da interferência antrópica.

CANIL et al. (1998) analisando a susceptibilidade a erosão das bacias dos córregos do Limoeiro e do Cedro, região de Presidente Prudente,SP, identificaram áreas de risco potencial, fornecendo subsídios para a adoção de medidas preventivas que minimizem os impactos da ocupação urbana, orientando a ocupação de futuros loteamentos.

O uso inadequado do solo na bacia do alto curso do rio Uberaba poderá gerar

catástrofes ao meio ambiente, visto que à medida que há avanço tecnológico as áreas que deveriam ser permanentemente preservadas estão sendo destruídas lentamente (ABDALA, 2005).

Alguns diagnósticos ambientais preliminares têm sido realizados na bacia do rio Uberaba, junto a sua área de proteção ambiental (APA), onde se destaca a deterioração ambiental crescente, devido ao uso e ocupação inadequado dos solos (FABIAN & TORRES, 2003 ;SILVA et al. , 2005).

Como o fenômeno da erosão está correlacionado à queda da produtividade agrícola, muitos trabalhos concentram-se na compreensão do fenômeno ou ainda no desenvolvimento de técnicas de recuperação do potencial produtivo, em função do processo erosivo (SILVA et al., 2003). Assim, medidas de controle e planejamento para o uso adequado das terras são necessárias, como a aplicação de modelos matemáticos como a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que predizem a perda de solo de uma determinada área em função dos fatores que representam o clima, o solo, o relevo e o uso da terra.

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), quando espacializada por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), tem possibilitado a estimativa de perdas de solos em bacias hidrográficas (PRUSKI et al., 2006). Assim sendo, a aplicação da EUPS em escala municipal é válida para estudos qualitativos sobre predição de perdas de solos (FARINASSO, 2005), possibilitando a delimitação e espacialização de áreas com maior e menor susceptibilidade a erosão, favorecendo o zoneamento ambiental e, conseqüentemente o planejamento ambiental. Dentro desta ótica, o presente trabalho visa diagnosticar qualitativamente o potencial de erosão dos solos da bacia do Rio Uberaba, através da integração dos fatores climatológicos, pedológicos, topográficos e antropicos, obtidos mediante a utilização da equação universal de perda de solo (EUPS), identificando geograficamente áreas críticas quanto a erosão potencial.

1.1 - Erosão: Definições e Conceitos

Existem formas diferentes de conceituar a erosão, a primeira como sendo um acontecimento de ocorrência natural que condiciona a formação das estruturas do relevo da superfície da Terra. Contudo, GUERRA (1978) guiando-se por uma perspectiva na qual o processo erosivo é encarado como um processo de remoção acelerada da camada superficial do solo, relata que a erosão pode ser considerada como a destruição das saliências ou reentrâncias do relevo tendendo a um nivelamento.

Segundo GALETI (1982), a erosão é um processo que pode ser definido como a desagregação, o transporte e a deposição do solo, subsolo e rochas em decomposição, pelas águas ventos ou geleiras. Entretanto, BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) abordam o conceito de erosão de forma mais objetiva, definindo o processo erosivo como o processo de desagregação, transporte e deposição de partículas componentes do solo causados pela ação da água ou pelo vento, que tem início na remoção da cobertura vegetal pelo homem para cultivar o solo.

A erosão quando ocorre de forma natural é classificada como gradual e lenta, tendendo o solo a uma condição relativamente mais estável. Entretanto, quando o homem atua como agente acelerador do processo erosivo, devido a não adoção de técnicas apropriadas de diagnóstico e conservação do solo, os danos ambientais podem ser severos.

1.2 – A Erosão laminar

Sendo um dos processos mais comuns de erosão hídrica, a erosão laminar é um processo causado pelo escoamento difuso das águas da chuva que remove de forma progressiva e relativamente uniforme os horizontes superficiais do solo GALERANI et al. (1995). Esse tipo de erosão é extremamente atuante em áreas de uso agrícola, onde os solos apresentam-se desnudos em determinadas épocas do ano, antecedendo ao período de plantio.

A erosão laminar pode ser classificada segundo o manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (BELLINAZZI Jr et al., 1991), em cinco estágios:

1 – Ligeira – onde já é perceptível, contudo com menos de 25% do horizonte superficial foi retirado, ou ainda, quando não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido com mais de 15 cm de camada superficial restante;

2 – Moderada – A remoção do horizonte A oscile entre 25 e 75 % , ou não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido, com 5 a 15 cm de horizonte superficial restante;

3 – Severa – mais de 75 % do horizonte A superficial fora removido e com partes do horizonte subsequente (B) aflorando, ou não é possível determinar a profundidade normal do horizonte A de um solo não erodido, com menos de 5 cm de camada superficial restante;

4 – Muito Severa – Quando ocorre remoção total do horizonte A e com o horizonte B bastante alterado, oscilando entre 25 e 75 % de perdas;

5 – Extremamente Severa – remoção de praticamente todo horizonte B e C apresenta-se à mostra.

Os estudos de erosão laminar contam hoje com modelos de predição, que associados às técnicas de geoprocessamento permitem a previsão de perdas de solo, possibilitando a seleção de práticas de manejo e controle que possibilitem o uso racional dos recursos solo e água mediante uso do planejamento ambiental.

O potencial natural de erosão laminar é composto por fatores pluviométricos (erosividade das chuvas), fatores pedológicos (erodibilidade dos solos) e por fatores topográficos (comprimento de rampa e declive);e do potencial antrópico composto pela interação entre as variáveis quanto ao uso e manejo do solo, aliados às práticas conservacionistas praticadas. A partir da quantificação dos potenciais natural e antrópico de erosão laminar chegou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por WISCHMEIER & SMITH (1978) apresentada de forma detalhada no próximo item.

1.3. O Modelo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

A estimativa das perdas de solo através do processo erosivo é importante para se quantificar os sedimentos retirados de uma vertente, revelando o potencial de assoreamento de um manancial e ou reservatório.

Para quantificar as perdas de solo por erosão laminar, dois pesquisadores do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), W.H. Wischmeier e D.D. Smith (1978) desenvolveram a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) que possibilitou o cálculo dos valores de perda de solo por unidade de área. É conceituada como uma das equações estimadoras de perda de solo mais aceita e utilizada, elaborada com metodologia que correlaciona à predição da média anual de perdas, causada pela erosão laminar, é definida por:

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

em que, A = Índice que representa a perda de solo por unidade de área ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R = erosividade da chuva, $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; K = erodibilidade do solo, $t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; L = fator comprimento de rampa (adimensional); S = fator declividade de rampa (adimensional); C = fator relativo ao uso e manejo do solo (adimensional); e P = fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem por objetivo prever a erosão em $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que poderá ocorrer em determinada área, visando a adoção de medidas preventivas e/ou mitigadoras para que a magnitude das perdas de solo fique situada dentro de limites toleráveis (CASTRO E VALÉRIO FILHO, 1997; COLODRO et al., 2002).

A EUPS é empregada, com bons resultados, para pequenos talhões compatíveis com o uso agrícola, resultando na quantificação da perda de solos por erosão laminar nessas áreas. Contudo, quando adotam-se áreas grandes, de escala municipal, não se pode ignorar que ao longo de uma vertente ocorrem simultaneamente, os processos de erosão e de deposição, além da erosão que se observa nos canais fluviais, o que em conjunto constituem limitações quanto ao uso desta equação na quantificação da

erosão. Entretanto, como a mesma apresenta praticamente todos os fatores envolvidos no processo de erosão laminar, ela permite avaliar qualitativamente grandes áreas, determinando os diferentes graus de susceptibilidade à erosão das regiões homogêneas identificadas (BAPTISTA, 1997). STEIN et al. (1987) concluem que a EUPS, não deve ser empregada para grandes áreas, não deve ser empregada para a estimativa, ou mesmo para quantificação das perdas de solo por erosão laminar, e sim para uma avaliação qualitativa dessas perdas.

A aplicação da EUPS em escalas regionais é válida para estudos qualitativos sobre previsão de perdas de solos (CHAVES,1994). Desta forma, a análise qualitativa favorece a espacialização e delimitação de áreas com maior ou menor susceptibilidade a erosão.

BAPTISTA (1997) realizou um estudo sobre o diagnóstico ambiental da perda laminar nos solos do Distrito Federal. Neste trabalho, identificou e mapeou o potencial erosivo do solo, por meio de integração de fatores da EUPS, utilizando um Sistema de Informação Geográfico (SIG).

A seguir são detalhados os fatores que compõem a EUPS, assim como os métodos utilizados neste trabalho para o cálculo dos respectivos índices.

1.3.1- Fator K – erodibilidade dos solos

A erodibilidade do solo é considerada a mais importante variável na previsão da erosão e no planejamento do uso do solo, representa a sua susceptibilidade à erosão, podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes. Desta forma, ainda que fatores como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas, existem diferenças entre as propriedades do solo que admitem que alguns solos sejam mais erodidos que outros (BERTONI & LOMBARDI NETO ,1999).

A erodibilidade é função das propriedades do solo que influenciam no processo

erosivo, tais como a velocidade de infiltração, a permeabilidade, resistência à dispersão, ao salpicamento, e as forças de transporte da chuva e enxurrada (STEIN et al., 1987). As propriedades que contribuem mais significativamente para explicar a variância da perda de solo são: textura dos solos, matéria orgânica, estrutura, densidade do solo, espaço poroso ocupado por ar, concavidade e convexidade da encosta e resíduos de cultura (WISCHMEIER & MANNERING, 1969).

Existem três maneiras diferentes de determinar a erodibilidade do solo. A primeira, à partir de condições de campo sob chuva natural em condições específicas de declividade e comprimento de rampa, requer para sua determinação, a instalação de tanques coletores de enxurrada, sendo o método dispendioso e muito demorado. O segundo método, semelhante ao primeiro, quantifica o fator K sob condição de chuva simulada (MEYER & McCUNE, 1958; WISCHMEIER & SMITH, 1978). O terceiro método baseia-se em equações de regressão que contenham como variáveis independentes propriedades físicas químicas do solo, correlacionadas com a erodibilidade (WISCHMEIER & MANNERING, 1969).

O fator K é função das propriedades do solo que influenciam no processo erosivo, tais como a velocidade de infiltração, a permeabilidade, capacidade de absorção, resistência a dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada. (STEIN et al., 1987)

1.3.2- Fator L- comprimento de rampa

O comprimento de rampa tem grande importância na perda de solo, uma vez que quanto maior for a sua extensão maior tenderá ser a velocidade do escoamento superficial. A EUPS utiliza o comprimento de rampa adotando o seu valor médio em metros. Em alguns trabalhos esse fator foi obtido por medições diretas em cartas topográficas ou pela razão entre a área da bacia (m^2) e o somatório de todos os cursos de água da bacia (m), conhecido como método do retângulo equivalente modificado por VILELA & MATTOS (1975).

1.3.3 - Fator LS – fator topográfico

O volume e a velocidade das enxurradas estão diretamente relacionadas ao grau de declividade do terreno (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). A EUPS utiliza o fator declividade como uma das variáveis topográficas, adimensional baseada nos valores obtidos em porcentagem. Esses valores podem ser obtidos com ábacos, manualmente sobre as bases cartográficas ou por meio do geoprocessamento, pois a maioria dos softwares possuem algoritmos de manipulação que percorrem o modelo numérico de terreno, aplicando a equação para determinação da declividade.

Em muitos trabalhos que usam geoprocessamento na determinação dos fatores da EUPS, o fator comprimento de rampa e o fator declividade aparecem associados, representados pela variável LS. Essa associação pode ser feita por meio da equação desenvolvida por BERTONI para a cidade de Campinas, que se adequou bem as condições brasileiras, partindo da relação experimental da perda de solo com diversos graus de declividade (de 1 a 20%, variando a cada 2%) e de comprimentos de rampa (de 5 a 100 m, oscilando de 5 em 5 m) (BAPTISTA, 2003).

$$LS=0,00984.L^{0,63}.S^{1,18} \quad (2)$$

Em que, L = comprimento de rampa (m); S = declividade (%).

1.3.4 - Fator CP - fator Uso , Manejo e Práticas conservacionistas

As variáveis apresentadas, R, K e LS, são totalmente correlacionadas a aspectos naturais, que agrupados descreveriam o potencial natural à erosão laminar, conforme ROSA (1995).

A participação antrópica no processo de erosão laminar é diretamente influenciada pelos fatores C (uso e manejo do solo) e P (práticas adotadas). A

susceptibilidade a erosão de um solo desprovido de cobertura vegetal é geralmente maior do que um outro recoberto, sendo que o grau de proteção, depende basicamente do estágio de crescimento e desenvolvimento da vegetação aliada ao manejo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

De acordo com STEIN et al.(1987), se na pesquisa pretende-se adequar as formas de produção agrícola de maneira a minimizar os impactos gerados sobre o meio físico, as variáveis antrópicas (C e P) da EUPS devem ser tratadas separadamente. Mas se o objetivo é espacializar fenômenos por meio do geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P pode ser analisada de forma integrada em função do uso e ocupação do solo. Assim sendo, adota-se o fator $P=1$, como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas, tendo em vista a dificuldade quanto a obtenção confiável de P quando se utilizam técnicas de geoprocessamento.

1.3.4.1. Fator C – uso e manejo do solo

O Fator uso e manejo do solo é conceituado como a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

1.3.4.2. Fator P - Práticas conservacionistas

É a taxa de perda de solo entre a prática conservacionista utilizada e a ocorrida na lavoura instalada no sentido do declive (BENGTSON & SABBAGH, 1990). Portanto, é a relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista correlacionado com a disposição da cultura no sentido do declive.

1.4. Potencial Natural de Erosão (PNE)

Sendo a erosão um processo ocasionado por forças ativas como a intensidade da chuva, declividade e comprimento de rampa do terreno e a permeabilidade dos solos e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal, na análise das perdas de solo ocasionadas pela erosão, deve-se ponderar também as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros nutrientes arrastados no escoamento. Desta forma, na análise dos processos erosivos devem-se levar em conta questões importantes em relação aos volumes mobilizados (quantitativos) e os aspectos qualitativos relacionados (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Quando se analisa o potencial de mobilização e transporte de sedimento, pode-se ter uma indicação de outros aspectos que influenciam a qualidade do meio receptor. Desta maneira, será possível a partir a utilização de modelos de previsão de potencial de formação de sedimentos, como o potencial natural de erosão, obter informações do potencial de formação de outras cargas difusas intervenientes nos cursos d'água.

O potencial natural de erosão é uma simplificação da Equação Universal de Perdas de Solo, onde apenas são considerados os fatores: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento do declive (L) e grau de declive (S).

$$PNE = R \cdot K \cdot L \cdot S \quad (3)$$

Esta grandeza expressa a suscetibilidade de determinada área à erosão, indicando onde ocorreria maior ou menor erosão, sem levar em consideração os fatores antrópicos, cobertura vegetal e práticas conservacionistas (BRANDÃO, 2001).

1.5. A tolerância de perdas de solo por erosão laminar

Sendo a erosão um processo de perda de volume de solos, caracterizado pelo desprendimento e transporte dos sedimentos, ocasionado pela ação natural e ou antropica, ocasiona declínio de produtividade agrícola. Com a crescente necessidade de se produzir alimentos é necessário determinar os limites de tolerância de perdas por erosão.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), consideraram a relação textural da argila entre os horizontes A e B como um dos fatores importantes para a determinação da tolerância as perdas por erosão, devido a grande influencia existente da relação textural na infiltração e permeabilidade dos solos. Pelo critério estabelecido por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), na relação textural no calculo da tolerância, observa-se:

- a) para uma relação entre teor de argila do horizonte A e o B inferior a 1,5, considera-se a espessura total dos horizontes A e B;
- b) estando a relação textural entre 1,5 e 2,5, considera-se 75% da espessura desses horizontes;
- c) sendo a relação textural superior a 2,5, considera-se 50% da espessura desse horizonte.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) proporam a equação 4 , para expressar a tolerância de perdas de solo por erosão laminar. Conhecendo-se a densidade do solo, levando-se em conta o critério adotado para a relação textural entre os horizontes A e B, utiliza-se da equação a seguir para cálculo da quantidade de terra transportada (tolerada) por unidade de superfície.

$$T = 100.h.d.1000^{-1} \quad (4)$$

Em que, T= tolerância de perdas de solo por erosão , t.ha⁻¹ano⁻¹; h = espessura do horizonte, cm; d = densidade do solo, g cm⁻³.

A tolerância de perdas de solo por erosão (T) proposto por OLIVEIRA (2004), correlaciona o efeito da permeabilidade e teor de matéria orgânica com as respectivas perdas, sendo:

$$T = h.r.m.p.1000^{-1} \quad (5)$$

Em que, T= tolerância de perdas de solo por erosão, t.ha⁻¹ ano⁻¹; h = espessura do horizonte, cm; m= fator da matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1); p= fator do efeito da permeabilidade do solo (Tabela 2).

Tabela 1. Fator da matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm (OLIVEIRA, 2004)

| Fator da matéria orgânica (m) | | |
|-------------------------------|---------|------|
| > 2,0% | 1% a 2% | < 1% |
| 1,15 | 1,00 | 0,85 |

Tabela 2. Fator do efeito da permeabilidade do solo (p)

| Permeabilidade (mm.h ⁻¹) | (p) |
|---|------|
| > 63,50 | 1,00 |
| 5,08 a 63,50 | 0,85 |
| <5,08 | 0,70 |

II - MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

2.1.1. Área de estudo

A bacia do rio Uberaba está situada entre os paralelos $19^{\circ} 30' 37''$ e $20^{\circ} 07' 40''$ de latitude sul e os meridianos de $47^{\circ} 39' 02''$ e $48^{\circ} 34' 34''$ a oeste de Greenwich. Com extensão de 2.419 km^2 e perímetro de $308,04 \text{ km}$, compreende os municípios de Uberaba, Veríssimo, Conceição das Alagoas, Planura e uma pequena porção de Campo Florido, destacando-se por sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas.

Conceituado como um dos mais importantes pólos econômicos do triângulo mineiro, o município de Uberaba possui cerca de 260 mil habitantes (IBGE, 2000).

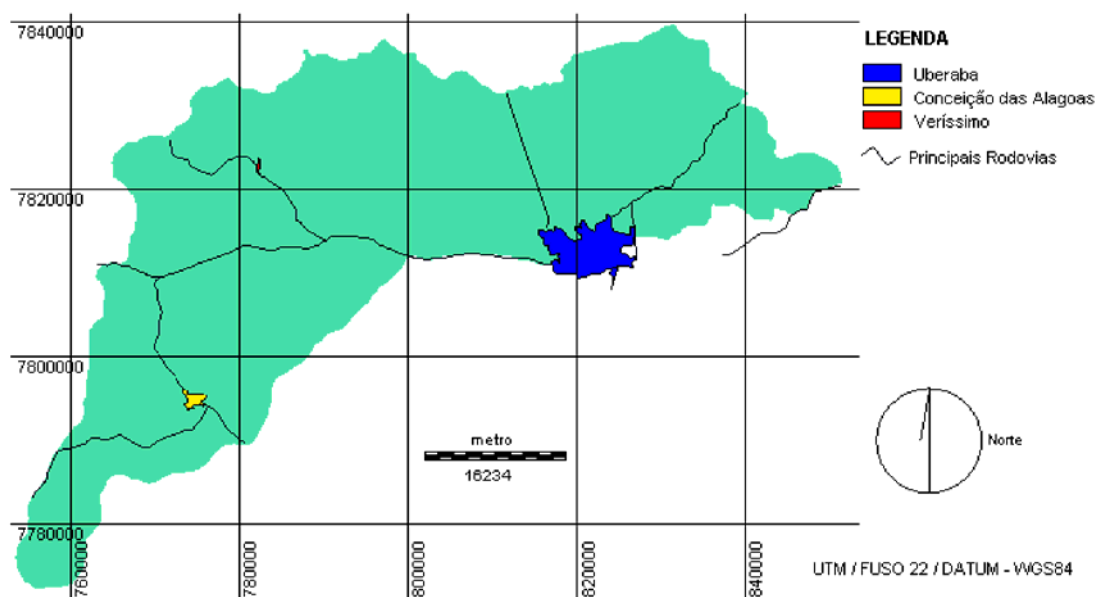


Figura 1 – Localização dos principais municípios da bacia do rio Uberaba



Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba, localização no Triângulo Mineiro, MG.

2.1.2. Clima Regional

Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, classificado como frio e seco e o de verão, como quente e chuvoso. Quanto ao regime pluviométrico a região caracteriza-se por um regime chuvoso de outubro a abril, sendo a estação seca de maio a setembro e os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos.

A bacia do rio Uberaba apresenta segundo classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido com 4 a 5 meses secos. A umidade relativa do ar média oscila entre 70 e 75 % sendo seus valores máximos verificados no mês de dezembro (81%) e mínimos no mês de agosto (52%) (CRUZ, 2003).

A Temperatura média anual varia entre 20 a 24°C, sendo que os meses mais quentes do ano são Outubro e Fevereiro, com temperaturas variando entre 21 e 25°C e

Julho o mês mais frio, com temperaturas variando de 16°C a 18°C (INMET/EPAMIG,2000).

2.1.3. Geologia e Geomorfologia

Segundo BACCARO (1990) citado por SANTOS & BACCARO (2004), no Triângulo Mineiro existe uma diversificação de compartimentos geomorfológicos que são herança das ações morfogenéticas do Terciário e Quaternário, presentes nos topos aplainados, nas camadas lateríticas, nos solos hidromórficos, nas lagoas e rampas côncavas coluviais. As variações climáticas deste período demonstraram que houve uma alternância de um clima úmido e um clima seco, que favoreceu o rebaixamento generalizado do relevo, constituindo as formas denominadas mesas e tabuleiros. Tais variações climática podem ser observadas nas feições morfológicas das encostas e dos vales fluviais devido a elaboração de padrões distintos de cabeceiras de drenagem em anfiteatros e diferentes níveis de sedimentação. AB'SABER (1982) citado por SANTOS e BACCARO (2004) destaca que os níveis de terraços, que são verdadeiras planícies aluvionares suspensas e retrabalhadas pelo rio e seus afluentes, através de ligeiras fases de erosão e deposição fluvial, podem ser tomadas como testemunhos dessas variações climáticas e hidrológicas ocorridas nas derradeiras épocas do Quaternário.

Na bacia do rio Uberaba são identificados vários níveis de terraços em extensas áreas do curso, correlacionados com soleiras rochosas do basalto que aparecem sustentando a erosão remontante e a respectiva deposição desses materiais.

Geologicamente a bacia do rio Uberaba está inserida na unidade do planalto do Brasil Central, em bacia sedimentar geotectônica denominada Bacia Sedimentar do Paraná. A área de estudo situa-se na porção norte/nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando estratigraficamente rochas do Grupo São Bento (basaltos da Formação Serra Geral) sobreposto pelos arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (arenitos de Formação Uberaba e Formação Marília), com boa parte da área coberta com sedimentos cenozóicos (sedimentos aluviais recentes).

2.1.3.1. Formação Uberaba

A formação de Uberaba resultou de uma retomada de ciclo de erosão no oeste mineiro após vulcanismo do Cretáceo e restringe-se a esta área, aparecendo em faixa que se estende da região de Sacramento, passando por Uberaba, até Veríssimo e Patrocínio.

Está constituída por rochas epiclásticas (vulcanoclásticas), onde os sedimentos são derivados de fontes vulcânicas preexistentes e associadas a outras fontes não vulcânicas, dispostas em estratos tabulares e lenticulares amalgamados. Chegando a alcançar 140 m de espessura, começando por conglomerado basal contendo fragmentos de basalto, predominam-se os arenitos vulcânicos, com granulação média e pequenos seixos, que lhes conferem caráter conglomerático; siltitos e argilitos estão presentes em leitos de espessura centimétrica e extensão restrita. São rochas que contêm detritos provenientes da erosão de rochas vulcânicas preexistentes com fragmentos de origem não vulcânica (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

As melhores exposições ocorrem no vale do Rio Uberaba, no perímetro urbano e Peirópolis. Nas rochas da Formação Uberaba foram identificados fragmentos de basalto, argilito, quartzito e de rocha alterada com magnetita, quartzo, feldspato, piroxênio, anfíbrito, biotita, muscovita, granada, apatita, peronoskita, cronita. (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). A espessura do depósito não chega a 20 m e o conjunto repousa sobre basaltos ou arenito Botucatu.

Caracteriza-se pela presença de arenitos médios a muito finos, intercalados com siltitos, argilitos, conglomerados e arenitos conglomerados (HASUI, 1967) citado por (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

Caracterizada como de origem fluvial; planícies de inundação predominariam em faixas mais distais, onde possivelmente tenha ocorrido brusca variação do veículo transportador e mudanças climáticas com alternância de inundações e ressecamentos ((HASUI, 1967) citado por (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

O clima desta área incluiria períodos semi-áridos marcados por extensiva cimentação carbonática e épocas menos inóspitas, favoráveis a proliferação biológica, sendo grande o número de ossos de répteis descobertos nas camadas desta Formação.

Quinhentos metros a norte do Rio Uberaba, na BR- 050 ocorre uma seção de 12,5 m de espessura da Formação Uberaba, exposta por cerca de 600 m, que consiste de intercalações de arenitos finos, médios e grossos, com leitos subordinados de arenito conglomerático e paraconglomerado. Os arenitos conglomeráticos e os paraconglomerados são compostos por grânulos líticos, principalmente de rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, arenito e pelotas de argila. Os arenitos são constituídos por quartzo e fragmentos líticos (argilitos e rochas vulcânicas), com quantidades variáveis de perovskita, opacos, piroxênio, granada (melanita) e feldspatos. A matriz é argilosa e o cimento é de carbonato, ou misturas de carbonato e opacos (GRAVINA et al., 2002).

Entre Veríssimo e Ponte Alta, encontra-se arenitos da Formação Uberaba, no restante da área jaz sobre os basaltos da formação Serra Geral (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). Contudo, os seus componentes litológicos fundamentais são: arenitos conglomerados, conglomerados e arenitos, argilito, folhetos e rochas silicatadas; podendo atingir a espessura máxima da formação na ordem de 220m,

A Formação Uberaba faz contato gradacional com a Formação Marília, nas proximidades de Ponte Alta (OLIVEIRA et al., 2006).

2.1.3.2. Formação Marília

A Formação Marília é subdividida, na região do Triângulo Mineiro, em dois membros: Ponte Alta e Serra da Galga, sendo predominante no município de Uberaba a Ponte Alta. SANTOS (1994), citado por RIBEIRO (2001), em trabalhos na região de Uberaba (MG), pode concluir que os sedimentos do membro Ponte Alta foram depositados, provavelmente, na fácies intermediária de leques aluviais com predomínio de bancos cascalhosos e arenosos, depósitos de canais entrelaçados e, localmente,

lagos efêmeros e/ou delgados depósitos de canais abandonados. Ainda segundo SANTOS (1994), a deposição dos sedimentos do membro Ponte Alta teria ocorrido sob clima semi-árido,

Esta formação é constituída de arenitos finos a grosseiros, muito imaturos e maciços apresentando freqüentes nódulos calcários. O calcário pode formar camadas de até 8 m de espessura (Ponte Alta, município de Uberaba), mas, normalmente aparece como nódulos e como cimentação carbonática de arenitos (BARCELOS, 1984).

Na região ao norte de Uberaba existem sedimentos tufáceos (tufitos e argilitos) sobreposta sobre basalto da Formação Serra Geral.

2.1.3.3. Formação Serra Geral

Aflora em áreas relativamente limitadas devido a se encontrarem recobertas pelos sedimentos do Grupo Bauru (formações Adamantina, Uberaba e Marília), sendo característico nos vales dos principais rios presentes na região (NISHIAMA, 1998) Segundo HASSUI (1969) citado por (EMBRAPA/EPAMIG, 1982), a Formação Serra Geral pode apresentar espessura da ordem de 230 metros entre as cidades de Delta e Uberaba.

A sudoeste de Uberaba, próximo à cidade de Conceição das Alagoas, ocorrem arenitos depositados diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. Os arenitos são magnéticos, mal selecionados e contém desde silte grosso a areia grossa, e raros níveis com grânulos. Os componentes detríticos são quartzos, magnetita, feldspato, perovskita (desde traço até 25% em volume), piroxênio, granada, titanita, mica, opacos, carbonato, fragmentos de rochas vulcânicas e de argilito. Carbonato ocorre como cimento, fragmentos de carapaças ou, ainda, como grãos detríticos, cobertos por película de óxidos/hidróxidos. Quartzo varia de 18 a 27%, sem apresentar tendência de aumento para a base ou para o topo. Fragmentos líticos são mais abundantes no topo (20-22 %) do que na base (8%) (GRAVINA et al.,2002)

2.1.3.4. Formação Cenozóica

Em pequenas áreas da bacia existe a cobertura de uma capa de sedimentos cenozoicos que varia de espessura, de alguns centímetros a mais de uma dezena de metros. Constituídos por sedimentos aluviais recentes, cangas limoníticas, além de aluviões e coluviões (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

NISHIYAMA (1998) baseado na geologia da região, conclui que os solos arenosos podem se originar da Formação Uberaba e Marília enquanto o solo argiloso da Formação Serra Geral.

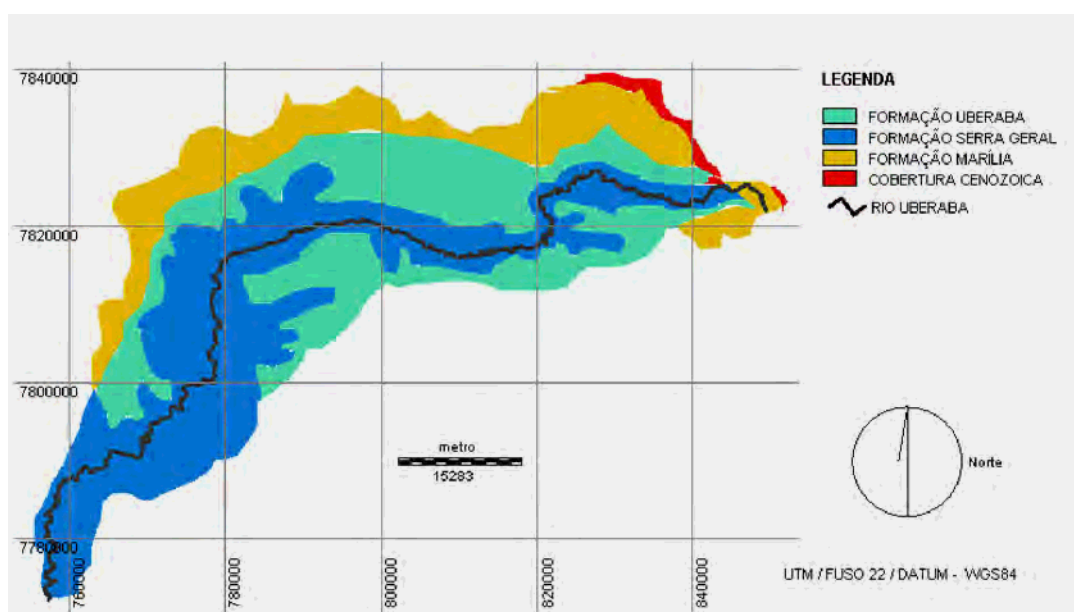


Figura 3 – Área de ocorrência das Formações Geológicas na bacia do rio Uberaba (modificado de FERREIRA JUNIOR & GOMES, 1999).

2.1.4. Principais unidades de solos

Segundo NISHIYAMA (1998), o município de Uberaba faz parte da unidade de relevo do Planalto Arenítico Basáltico da Bacia do Paraná. Os solos são muito variados, a maioria apresentando textura média, sendo classificados de uma forma geral como Latossolos de diferentes graus de fertilidade, predominando Latossolo Vermelho

distroférico textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho amarelo, apresentado na “Tabela 3”.

a) Latossolos

Esta classe compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnóstico superficial.

São solos que apresentam avançado estágio de intemperismo e, conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores de minerais primários facilmente alteráveis. Sua reserva em nutrientes é muito reduzida, fato que não os impede de serem solos bastante produtivos quando bem manejados (OLIVEIRA, 2005).

A grande maioria dos Latossolos situa-se em relevo aplainado a suave ondulado, sendo tidos como de fácil preparo para o plantio em decorrência de sua adequada consistência. Latossolos com textura franco-arenosa ou franca, mas com teores de argila próxima a 20%, são bastante erosionáveis, apresentando em igualdade de condições de declive e de uso, menor resistência à erosão do que latossolos de textura mais fina. (OLIVEIRA, 2005)

Os Latossolos Vermelho Amarelo distroférico são solos muito profundos e de baixa fertilidade natural, donde ocorrem geralmente em relevo planos a suave ondulados, podendo também ocorrer com menos freqüência em áreas onduladas e fortemente onduladas (VIEIRA & VIEIRA, 1983), citado por BAPTISTA (2003). Apresentam boa drenagem natural e baixo acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais. Na bacia do rio Uberaba, ocupam 104,02 Km², correspondendo a 4,3% da área total.

Os Latossolos Vermelho distroférico, sendo um solo mineral muito profundo, com textura variando de média a argilosa, predominam na região a textura franco arenosa, bastante erosionáveis, ricos em sesquióxidos, bastante porosos, muito permeáveis, bem drenados (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). Ocupam 1521,86 Km², equivalendo a 62,91% da área da bacia.

b) Argissolos

A classe dos Argissolos compreende solos que tem como característica principal a presença do horizonte B textural, imediatamente abaixo do horizonte A. Compreendem depois dos Latossolos, a ordem mais extensa de solos brasileiros. É susceptível a erosão com mudança textural abrupta, apresentando menor resistência à erosão (OLIVEIRA, 2005).

Os Argissolos Vermelho Amarelo são solos muito profundos, onde se consegue separar nitidamente os perfis. Apresentam uma textura argilosa a média, predominando na região a textura média, sendo bem drenados e moderadamente porosos. Geralmente associados a terrenos ondulados a fortemente ondulados ocupam 7,19% da área da bacia.

Tabela 3 – Classe de solos e a respectiva área ocupada na bacia do rio Uberaba

| Descrição/Classificação anterior EMBRAPA(1988) | Descrição/Classificação EMBRAPA(1999) | Área (km ²) |
|--|---|----------------------------|
| LATOSSOLO VERELHO –AMARELO ÁLICO OU DISTRÓFICO | LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO (LVAd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 104,02 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 4,30 |
| LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO E DISTRÓFICO. | LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFÉRICO(LVdf) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 1521,86 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 62,91 |
| LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO E ÁLICO | LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO(LVdt) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 600,94 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 24,84 |
| PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO EUTRÓFICO E DISTRÓFICO | ARGISOLO VERMELHO AMARELO (PVAd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(Km) | 174,01 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 7,19 |
| GLEI HÚMICO ÁLICO | GLEISSOLOS MELÂNICOS Tb DISTRÓFICO(GMd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 9,95 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 0,41 |
| AREIA QUARTZOSAS ÁLICAS E DISTRÓFICAS | NEOSSOLOS QUARTZARENICOS HIDROMÓRFICOS(RQg) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 8,22 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 0,34 |

Os solos pertencentes a cada unidade de mapeamento estão discriminados por tipos de relevo (EMBRAPA, 1999), cujas definições são apresentadas a seguir:

PLANO: superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

SUAVE ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives suaves, variando de 3% a 8%.

ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas apresentando declives moderados, variando de 8% a 20%.

FORTE ONDULADO: superfície de topografia movimentada, formada por morros e raramente colinas com declives fortes, variando de 20% a 45%.

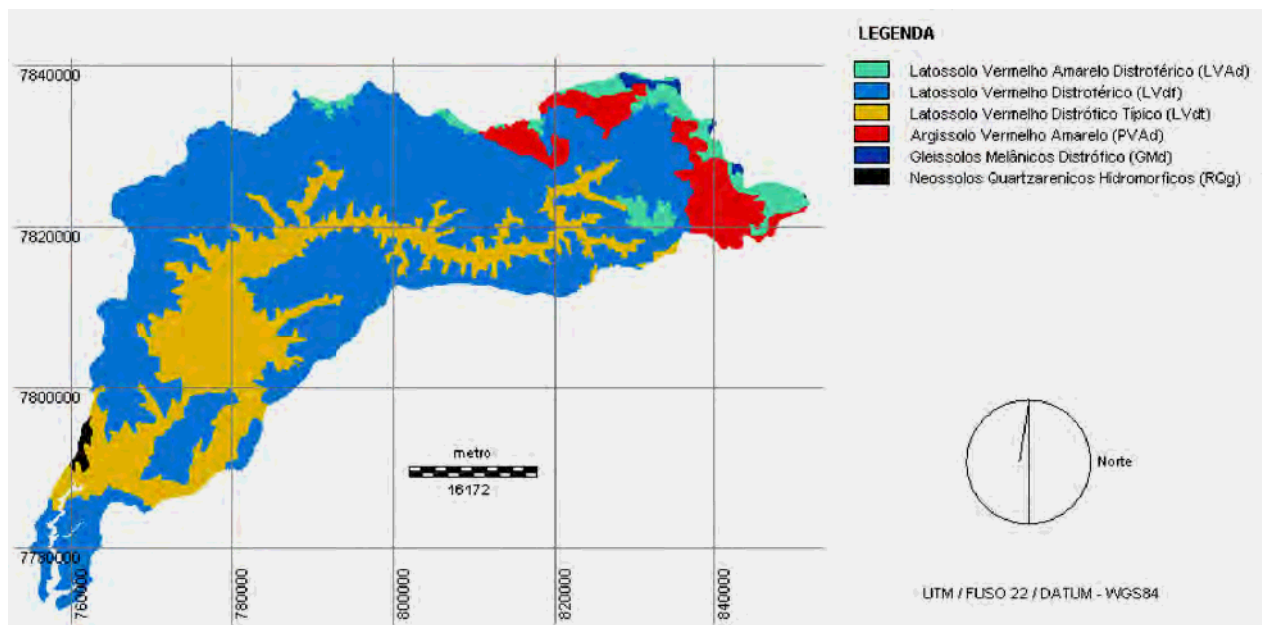


Figura 4. Mapa de Solos da bacia do rio Uberaba, modificado de CRUZ (2003).

2.1.5. Imagem de satélite, produtos de sensoriamento remoto.

Para auxílio na confecção do banco de dados, tanto da rede de drenagem bem como do mapa de uso e ocupação dos solos da bacia, foi adquirida a imagem orbital pelo sensor *CCD* de alta resolução espacial órbita/ponto 156/122 e 157/122, instalado a bordo do satélite CBERS 2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) coletada

junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala resolução de até 1:25.000, composição colorida, com cinco canais espectrais: três na região do visível (Banda nº1: 0,45 a 0,52 μ m, região do azul), (Banda nº 2: 0,52 a 0,59 μ m, região do verde), (Banda nº3: 0,63 a 0,69 μ m, região do vermelho), (Banda nº4: 0,77 a 0,89 μ m, região do infravermelho próximo), (Banda nº5: 0,51 a 0,73 μ m, região pancromática), e data de passagem de 10/03/2007 para as cenas 156/122 e 02/04/2007 para as cenas 157/122 (época chuvosa); 08/09/2007 para as cenas 156/122 e 05/09/2007 para as cenas 157/122 (época seca).

A resolução geométrica é da ordem de 20 m, sendo que cada pixel representa uma área de 400 m².

2.1.6. Cartas topográficas

Para confecção das redes de drenagem e altimetria da bacia, utilizou-se das cartas topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1972, em escala 1:100.000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 50 m. As Folhas utilizadas foram: SE-23-Y-C-IV, SE-22-Z-D-VI, SE-22-Z-D-V, SF-22-X-B-II, SF-22-X-B-III. Contudo, a carta topográfica de Veríssimo foi obtida no formato digital (042526hd.dgn e 042526hp.dgn), donde se procedeu o pré-processamento dos dados digitais de elevação e redes de drenagem, mediante transformação dos arquivos digitais do formato (DGN) para (DXF – formato do Autocad) utilizando-se o software “Bentley Red Line”.

2.1.7. Mapas temáticos

Os mapas referentes à área de estudo, utilizados nesta tese, foram produzidos no Laboratório de Geoprocessamento do CEFET/ UBERABA-MG. Todos os mapas têm como sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); fuso 22; datum

planimétrico WGS84 (World Geodetic System 1984), equivalente ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), novo sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil em 25 de fevereiro de 2005.

2.1.8. Equipamentos.

Os equipamentos empregados para a confecção deste trabalho foram:

- a) sistema de computação: microcomputador PENTIUM 4 com memória RAM de 1Gb, disco rígido de 160Gb monitor SVGA 17", teclado, gravador de CD/DVD, impressora, Ploter, Mesa digitalizadora e Scanner A2.
- b) Softwares IDRISI 32 Release Two, AUTOCAD, Cartalinx, Spring e ENVI 4.0.

2.2. MÉTODOS.

2.2.1.Obtenção dos mapas modelo digital do terreno (MDT) ,declividade (D), e redes de drenagem(RD) para a bacia do rio Uberaba.

Para a geração do mapa MDT, a partir das cartas do IBGE, Uberaba (analógico) e Veríssimo (digital) na escala 1:100.000, com espaçamento entre curvas de nível a cada 50m, procedeu-se ao pré-processamento dos dados digitais de elevação, mediante transformação dos arquivos digitais do formato (DGN) para (DXF) utilizando-se o software "Bentley Red Line". Posteriormente, os arquivos foram exportados para o software "Cartalinx", donde finalizou-se a digitalização da carta curva de nível e rede de drenagem na respectiva escala, mediante o uso de mesa digitalizadora, onde após exportação para o Software IDRISI 32, elaborou-se o arquivo vetorial curvas de nível. Utilizando-se o módulo de interpolação "SURFACE ANALYSIS – INTERPOLATION - TIN INTERPOLATION – TIN" do Software IDRISI 32 , gerou-se a valores altimétricos de

uma superfície contínua, obtendo-se desta forma o (MDT) modelo digital de elevação do terreno (Figura 5).

Após a elaboração do MDT procedeu-se na criação do mapa de declividade, acessando-se o menu "GIS ANALYSIS" e módulo "CONTEXT OPERATORS – SURFACE" do "IDRISI 32", gerando-se o mapa do declive, onde após reclassificação "RECLASS" redefine-se a classe de declive para os intervalos adaptados de EMBRAPA (1999), descrito na Tabela 4 (Figura 6).

A partir da montagem de mosaico de imagens orbitais elaborada à partir do CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala resolução de até 1:25.000, utilizando-se da composição de bandas (RGB) (2,3,4) e (3,4,1) realizada no SPRING, elaborou-se um arquivo vetorial de digitalização das redes de drenagem da bacia do rio Uberaba, mediante uso do software ENVI 4 (Figura 7).

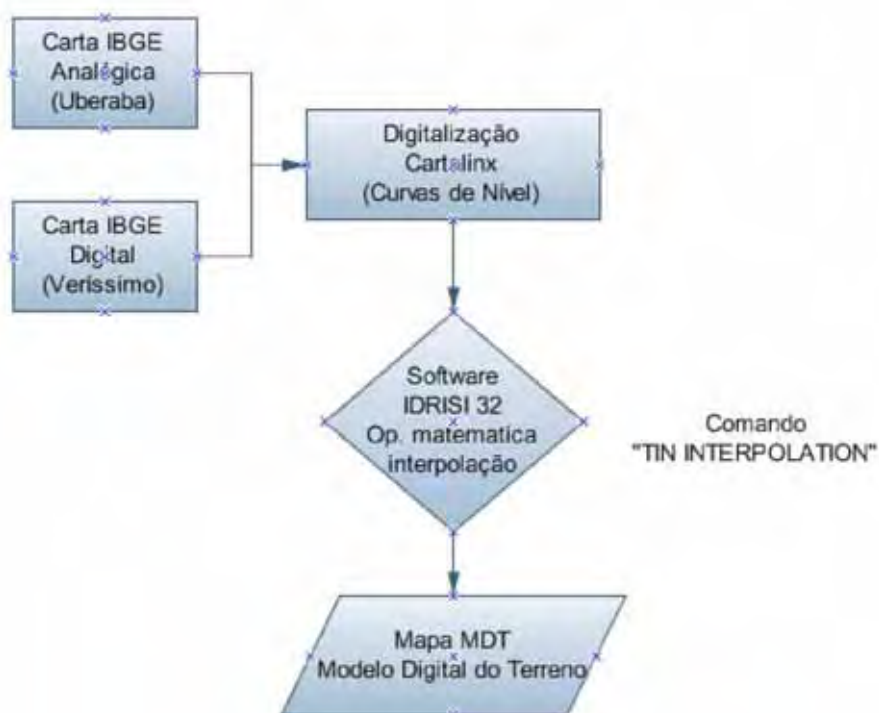


Figura 5. Metodologia utilizada para elaboração do modelo digital do terreno (MDT).

Tabela 4 – Intervalos de classe de declividade e seus relevos correspondentes.

| Declividade (%) | Discriminação |
|-----------------|--|
| 0 - 5 | Relevo plano a suave ondulado |
| 5-10 | Relevo suavemente ondulado a ondulado |
| 10-20 | Relevo ondulado a moderadamente ondulado |
| 20-47 | Relevo forte a montanhoso escarpado |
| > 47 | Relevo montanhoso |

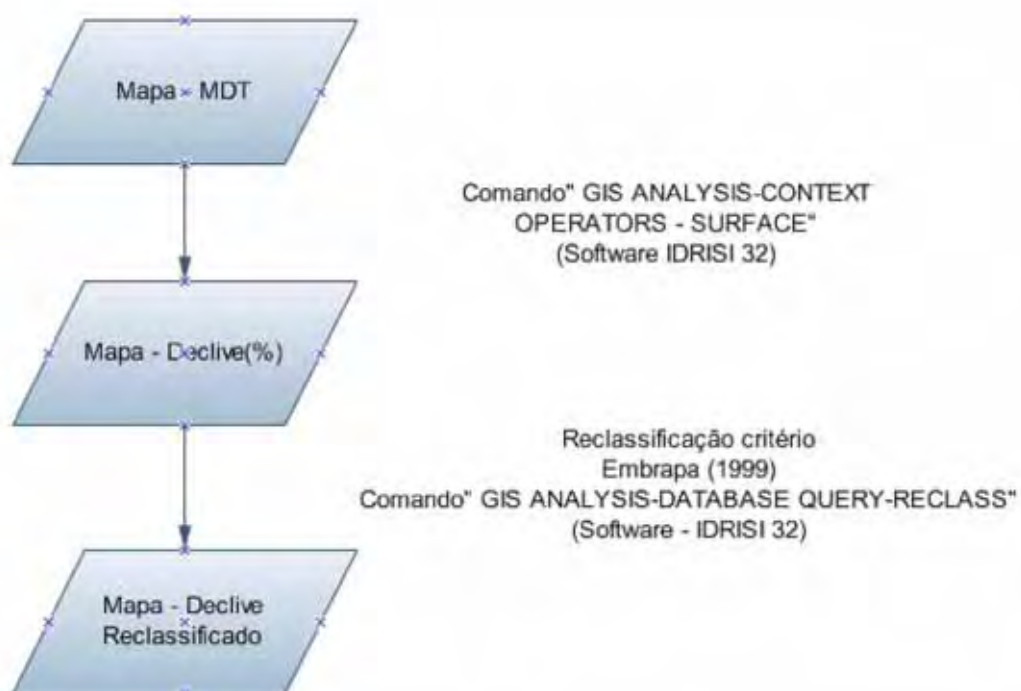


Figura 6 – Metodologia utilizada para elaboração do mapa declividade.

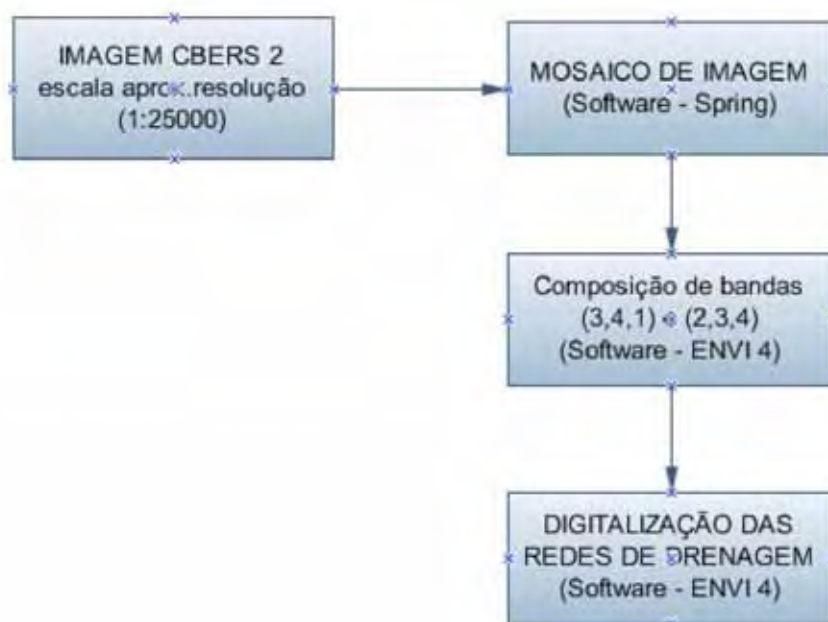


Figura 7 – Metodologia utilizada para elaboração do mapa rede de drenagem.

2.2.2. Delimitação da área e perímetro das microbacias hidrográficas

A área de drenagem (A) constitui a área plana delimitada pelo divisor de águas, fundamental para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica. No presente trabalho, as áreas das microbacias foram delimitadas, utilizando-se a sobreposição dos mapas “*curvas de nível*” e “*redes de drenagem*”, no software IDRISI 32, donde após a localização dos respectivos divisores de água, procedeu-se a delimitação das áreas mediante uso do menu “DIGITIZE”. Desta forma, criou-se um novo arquivo vetorial, intitulado mapa divisório das microbacias, (Figura 8), onde o respectivo cálculo da área e perímetro foram realizadas com a utilização do menu “GIS ANALISYS” – “DATABASE QUERY” – “ÁREA” e “PERÍM”.



Figura 8 – Metodologia utilizada para elaboração do mapa divisório das microbacias.

2.2.3. Metodologia para o diagnóstico da erosão laminar

Utilizando-se da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) determinou-se a partir da integração de fatores naturais e antrópicos a respectiva perda de solo na bacia, e mediante o uso de técnicas de geoprocessamento procedeu-se a sua respectiva espacialização, favorecendo a visualização de regiões com riscos potenciais de erosão.

2.2.3.1. Estimativa da erosividade da chuva

Para o cálculo da erosividade foram utilizados registros contínuos cotados dos pluviogramas diários da cidade de Uberaba (MG) do período entre janeiro de 1999 a dezembro de 2005, obtidos junto à Estação Climatológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)/ 5º DISME. A amplitude de registro destes dados foi de 10 mm de

precipitação, com precisão de 0,2 mm, sendo o tempo de registro de 24 horas, com unidade de 10 minutos. Após serem cotadas manualmente os dados pluviográficos de 311 chuvas individuais erosivas, foram calculadas as energias cinéticas totais das chuvas para cada evento.

Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de seis horas. As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que 24 mm h^{-1} , em 15 min, foram consideradas não-erosivas (MARIA, 1994).

Na determinação dos padrões de chuva, para cada chuva individual erosiva, calculo-se a intensidade (mm h^{-1}) e duração (h) de cada segmento do pluviograma com intensidades distintas em cada intervalo.

Para a determinação dos índices de erosividade, cada chuva individual foi cotada manualmente em segmentos de intensidade uniforme. A energia cinética total da chuva e a sua intensidade máxima em trinta minutos, I_{30} , foram obtidas por programa de computador elaborado em planilha eletrônica Microsoft Excel, utilizando-se o método de WISCHMEIER & SMITH (1958). Para cálculo da energia cinética, foi utilizada a equação de WISCHMEIER & SMITH (1958), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por FOSTER et al. (1981), dada por:

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (6)$$

em que, E_c = a energia cinética da chuva no segmento ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); I = a intensidade da chuva (mm h^{-1}).

No uso da equação (6), quando a intensidade de precipitação superou o valor de 72 mm h^{-1} no cálculo da energia cinética, adotou-se o valor de intensidade igual a 72 mm/h segundo WISCHMEIER e SMITH (1978).

Os resultados encontrados mediante o uso desta equação foram multiplicados pela lamina de chuva precipitada em cada segmento e, em seguida realizada a soma dos valores para um mesma chuva individual.

Na obtenção do índice EI_{30} ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), foi identificada a maior lamina de chuva precipitada em 30 minutos no pluviograma, com a qual se calculou a intensidade

máxima de chuva observada nessa duração, onde pelo produto entre a energia cinética total da chuva ($E_c = \text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) e a intensidade máxima em 30 minutos ($I_{30} = \text{mm h}^{-1}$), calculou-se para cada precipitação o índice EI_{30} de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1958).

$$EI_{30} = E_c \cdot I_{30} \quad (7)$$

Com o valor de EI_{30} , obtido em cada precipitação, foi possível determinar os índices de erosividade mensais e, posteriormente, os anuais, a cidade de Uberaba.

2.2.3.2. Estimativa indireta da erodibilidade dos solos.

A erodibilidade dos solos da bacia do rio Uberaba foi determinado a partir do mapeamento de solos (EMBRAPA/EPAMIG, 1982), realizado na área de estudo, agrupando-se 5 perfis de solo em grandes grupos e da coleta de 92 pontos amostrais ao longo da bacia (Figuras 9, 10 e 11), sendo que em cada ponto foram coletadas 20 amostras simples deformadas, na profundidade de 20 cm gerando posteriormente uma amostra composta por ponto de coleta, que foram analisadas física e quimicamente no laboratório de solos da UNESP/Jaboticabal.

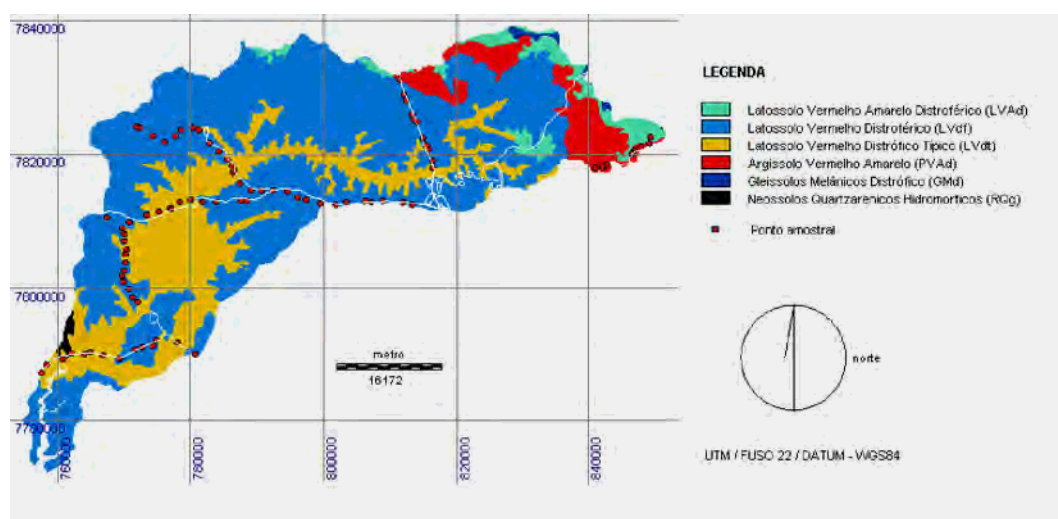


Figura 9. Coleta dos pontos amostrais para estimativa indireta da erodibilidade.



Figura 10 - Coleta dos pontos, amostras simples deformadas na profundidade de 0,2 m.



Figura 11 - Coleta de solos, amostras simples deformadas na profundidade de 0,2 m.

No primeiro grupo de solos, o dos Latossolos, encontramos o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico. Porém, para o segundo grupo, o dos Argissolos, os solos predominantes foram o

Argissolo Vermelho Amarelo. Existiram grupos de menor ocorrência na bacia, como o Gleissolos e Neossolo Quartzarênico. Para cada um dos grupos, utilizou-se dois procedimentos metodológicos de cálculo indireto de K, para cada um dos solos presentes no grupo (Tabela 3).

O primeiro método indireto de cálculo da erodibilidade dos solos utilizado foi a equação desenvolvida por ROLOFF e DENARDIN (1994), com base em parâmetros físicos, tais como percentagem de silte, areia fina e a permeabilidade codificada por WISCHMEIER et al. (1971) (Tabela 6) sendo definida por:

$$K = 0,004 P + Mm^{0,5} \quad (8)$$

Em que, K = erodibilidade ($t \text{ há}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); Mm = % silte x (%silte + % areia muito fina); P = percentagem codificada por WISCHMEIER et al. (1971).

$$K = 0,00000748 M + 0,00448059 P - 0,06311750 X27 + 0,01039567 X32 \quad (9)$$

Em que, M= % novo silte (% novo silte + % nova areia); X27 = diâmetro médio ponderado das partículas do solo inferiores a 2,00 mm; X32 = % matéria orgânica (% nova areia / 100), tal que % novo silte = % silte + % areia muito fina e nova areia = % areia fina + % areia média + % areia grossa + % areia muito grossa.

Após a determinação dos valor de K para cada grande grupo de solos, determinado pelos dois métodos indiretos, comparou-se os respectivos valores indiretos com os obtidos pelo método direto. Desta análise, a metodologia indireta que gerou menor desvio comparado ao simulador de chuvas foi a escolhida, para estimar o parâmetro erodibilidade , para cada solo da bacia.

2.2.3.2.1. Estimativa direta da erodibilidade dos solos

Buscando-se estabelecer um balisador que venha a definir qual metodologia indireta de estimativa da erodibilidade mais se aproxima de valores reais, utilizou-se um

simulador portátil de chuvas (estimativa direta) (Figura 12a) para se quantificar as perdas por erosão laminar em um Latossolo Vermelho distroférico, localizado na bacia do rio Uberaba na área experimental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Uberaba.MG, (CEFET/Uberaba) .

O simulador de chuvas foi instalado em três declives distintos (2,5; 3 e 6%), donde sem a presença de vegetação o solo foi gradeado no sentido do declive.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, num esquema com três níveis de declive e quatro chuvas simuladas (repetições), totalizando 12 parcelas.

Três dias antes da realização dos testes, os solos receberam gradagem no sentido do declive. Após o referido preparo as parcelas experimentais foram delimitadas, por chapas galvanizadas e calha coletora (Figura 12b), com dimensões de aproximadamente 0,5 m de largura por 0,75 m de comprimento (0,38 m²).



Figura 12. Simulador de chuvas portátil (a) e parcela experimental (b).



Figura 13. Determinação da lâmina média precipitada com o simulador de chuvas

Para a calibração das intensidades de chuvas, produzidas com o simulador de chuvas, utilizou-se de 24 pluviômetros dispostos na área de contribuição (Figura 13). Os registros pluviométricos foram processados em planilha eletrônica, quando se obteve o coeficiente de uniformidade de Christiansen do simulador, sendo o valor médio calculado de 94,1% para uma pressão de serviço de 200 KPa. Para o cálculo das intensidades de chuvas produzidos durante a simulação, 4 pluviômetros foram dispostos no sentido do declive, onde posteriormente foram processados os dados numa planilha eletrônica para cálculo das intensidade média das chuvas nas parcelas experimentais.

Em cada simulação, uma lâmina média de $65,5 \text{ mm h}^{-1}$ foi aplicada durante 60 minutos, onde se procedeu a amostragens de vazões dos escoamentos superficiais e das concentrações de sedimentos em intervalos fixos a cada cinco minutos. As amostras foram coletadas em recipientes plásticos com capacidade volumétrica de 2 L, registrando-se o tempo de cada coleta. Posteriormente, os recipientes foram fechados e conduzidos ao laboratório de Física do Solo do CEFET/Uberaba, para a quantificação da concentração de sedimentos e volume de solução e, conseqüentemente, para a determinação das taxas de perdas de solo e água.

Os volumes de solução coletados foram avaliados utilizando-se de proveta graduada e, em seguida, as amostras foram filtradas sob papel filtrante e deixadas em repouso por 24 horas. Após o período de repouso, tendo a solução sido submetida a filtração, as amostras foram secas em estufa à 105°C durante 24 horas, sendo posteriormente pesadas, em balança de resolução de 0,0001 g, determinando-se a quantidade de sedimento. Cada um dos volumes de solução obtidos foi dividido pelo tempo, obtendo-se a vazão da enxurrada para cada intervalo de amostragem. Uma vez quantificado o sedimento erodido em kg s⁻¹ e a vazão em m³ s⁻¹, para cada amostragem realizada, as taxas de erosão entressulcos (D_i) e as de enxurrada (R) foram determinadas, dividindo-se cada um dos valores obtidos pela área de cada parcela.

As perdas totais de solo foram determinadas como:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (Sd_i t)}{A_p} 10 \quad (10)$$

Em que, A é a perda total de solo em entressulcos (t ha⁻¹); Sd_i= sedimento erodido (kg s⁻¹); t é o intervalo entre as coletas (300 s); A_p é a área da parcela (m²), 10 é constante para acerto de unidades e n é o número total de amostras coletadas.

Na seqüência a erodibilidade (K) foi determinada como:

$$K=A/(EI_{30} LS) \quad (11)$$

Tal que,

$$EI_{30}= E_c I_{30} \quad (12)$$

$$E_c=0,78 (0,119+0,0873 \log I) \quad (13)$$

$$LS = (\lambda/22,13)^m (65,41 \text{ sen}^2\theta + 4,56 \text{ sen } \theta + 0,065) \quad (14)$$

Em que, EI₃₀ é o índice de erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), EC é a energia cinética da chuva (MJ há⁻¹mm⁻¹), I₃₀ é a intensidade máxima em 30 minutos (mm h⁻¹);

0,78 é a constante para correção da energia cinética de chuvas simuladas, I é a intensidade de chuva (mm h^{-1}); LS é o fator topográfico, λ é o comprimento de rampa (m), $m = 1,2 (\text{sen } \theta)^{1/3}$ e θ é o ângulo do declive em graus.

Avaliando-se os dados obtidos de erodibilidade, para o Latossolo vermelho, com metodologia direta, em três declives (%) estudados, comparou-se os respectivos valores observados com os estimados por métodos indiretos, procedendo-se posteriormente análise de variância e teste de médias.

2.2.3.3.- Comprimento de rampa(L) e declividade(S) - (Fator LS)

O comprimento de rampa médio das rampas de cada microbacia foi obtido, a partir de cartas topográficas, pelo método do retângulo equivalente conforme metodologia modificada por VILELA & MATTOS (1975) como:

$$L = A / (4 l) \quad (15)$$

Em que, L = comprimento de rampa (m); A = área da bacia (m^2); l = somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia (m).

A equação 15 foi utilizada considerando-se o comprimento médio das rampas para cada microbacia, determinando a partir da construção de um plano de informação, contendo as redes hidrográficas, na escala resolução de 1:25000, mediante digitalização efetuada em mosaico de imagens orbitais elaborada com o CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Efetuou-se o cálculo da área das microbacias, utilizando-se o módulo área presente no menu "ANALISYS" do IDRISI 32, sendo o comprimento total dos cursos d'água estimado no AUTOCAD utilizando-se o menu MODIFY-LENGTHEN. Posteriormente, no IDRISI 32 criou-se um banco de dados (arquivo de valores AVL) utilizando-se o menu "EDIT" para as 197 microbacias, onde utilizando o comando "ASSIGN" se adicionou os valores criados no

banco de dados comprimento de rampa referente às microbacias em estudo, gerando-se o mapa comprimento de rampa (Figura 14).

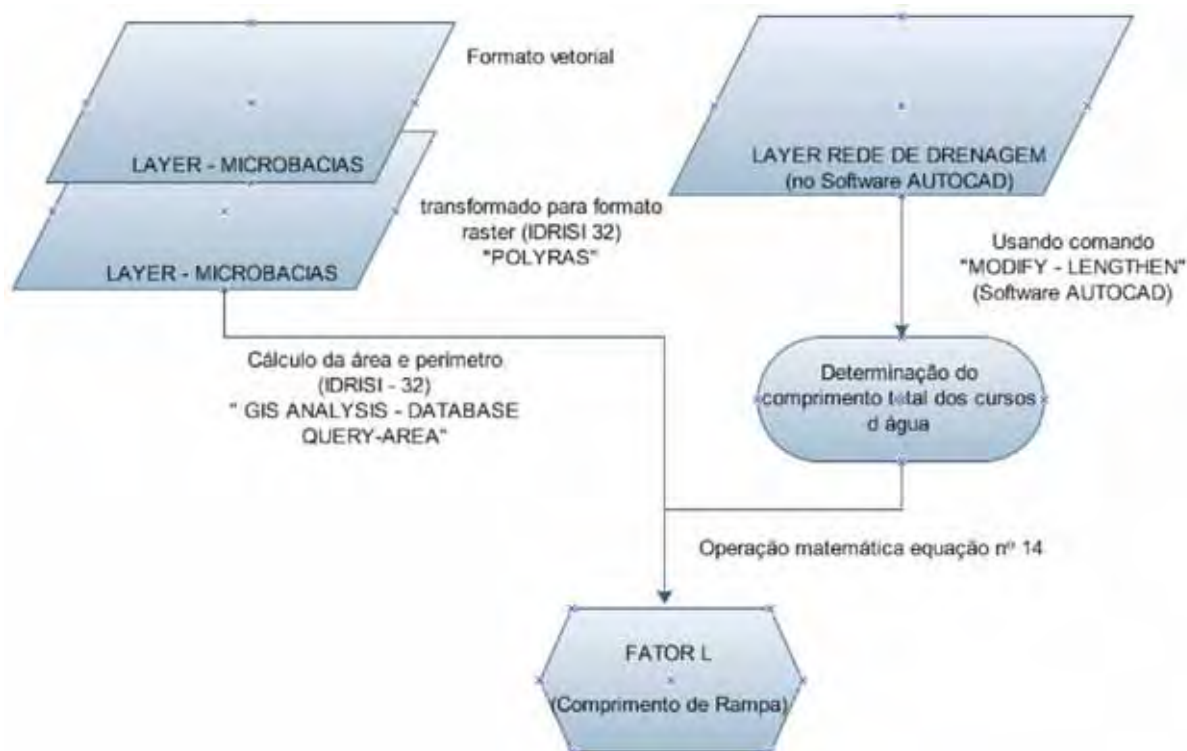


Figura 14. Metodologia utilizada para elaboração do mapa do Fator (L).

A partir do mapa do Modelo Digital do Terreno (MDT) procedeu-se na criação do mapa de declividade, acessando-se o menu “GIS ANALYSIS” e módulo “CONTEXT OPERATORS – SURFACE” do “IDRISI 32”, gerando-se o mapa do declive.

Após a confecção do mapa comprimento de rampa (Fator L), utilizando-se do módulo “IMAGE CALCULATOR” do Software IDRISI 32, procedeu-se a execução da expressão matemática apresentada na equação 16, resultando na junção dos mapas comprimento de rampa e declive, gerando o fator topográfico (LS)(Figura 15).

$$LS = 0,00984 \cdot l^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (16)$$

Em que, l = comprimento de rampa (m) ; S = declividade (%).

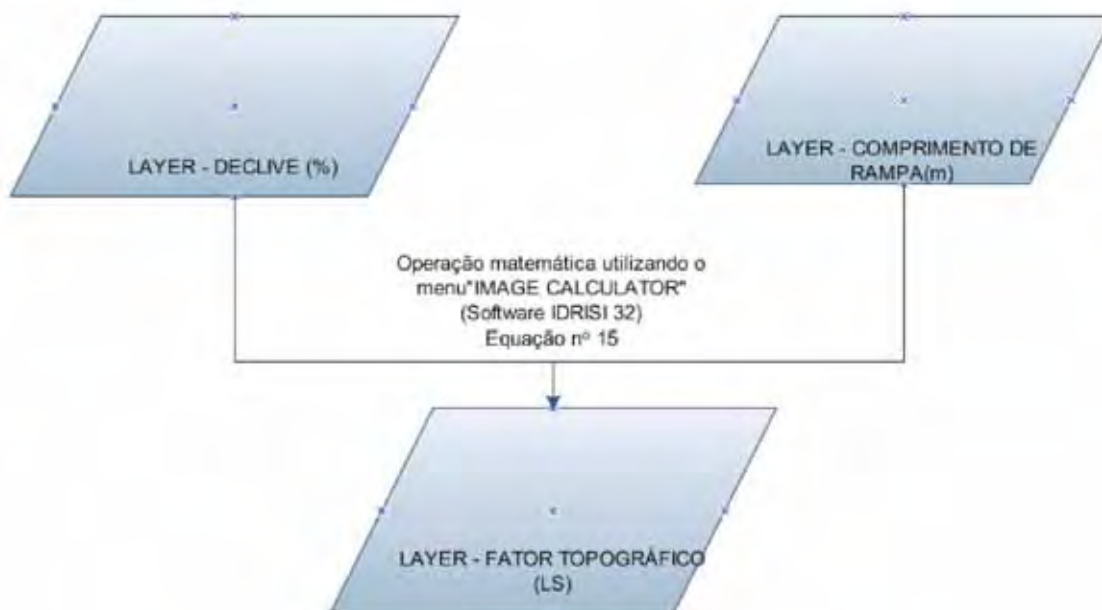


Figura 15. Metodologia utilizada para elaboração do mapa do Fator (LS).

2.2.3.4. Uso e manejo de práticas conservacionistas

Para aquisição dos fatores de uso e práticas conservacionistas (Fatores C e P), buscando-se agrupar em classe os usos e ocupações do solo, obteve-se o Mapa de Uso e Ocupação do solo da bacia do rio Uberaba, que foi gerado a partir da classificação de imagem CBERS, CCD bandas 3,4,2, formato Tiff, Datum WGS 84, Zona 22 .

No processamento digital das imagens, procedeu-se o georeferenciamento espacial à sua posição conhecida no terreno, segundo o sistema de coordenadas de referencia Universal Transversa de Mercator (UTM – Zona 22 S).

As posições geográficas dos pontos de controle foram obtidas graficamente, das Cartas Planialtimétricas escala 1:100.000.

Para a classificação supervisionada da imagem, utilizou-se a composição colorida (RGB) 342. Primeiramente procedeu-se a interpretação visual preliminar das imagens,

com identificação das diferentes classes de uso da terra ocorrentes na bacia. Desta forma, baseado no reconhecimento de padrões representativos de uso da terra, identificados no campo, definiram-se as classes de uso da terra. A classificação final das imagens se baseou no método supervisionado, utilizando-se o classificador por máxima verossimilhança (CANDIDO, 2008).

Estimou-se a variável antrópica (Fator- CP), baseado nos valores propostos por STEIN et al. (1987) apresentado na Tabela 5, considerando-se a pior situação quanto às práticas conservacionistas (P=1). Adotando-se o valor médio ponderado de diversos valores de CP para agricultura e pecuária (equação 17), norteado pelo uso e ocupação do solo no município e valores da Tabela 6, gerou-se os valores de CP para a bacia, conforme pode ser observado na Tabela 7.

$$CP \text{ médio} = \frac{\sum(CP \times A)}{AT} \quad (17)$$

Onde:

$\sum(CP \times A)$ = valor de CP dos itens que compõem a atividade(TABELA 5) multiplicado pela percentagem da área de ocupação no município(%).

AT = percentagem total da área da atividade em estudo no município.

Exemplo:

$$CP_{medio}(Agricult) = \frac{\sum((0,25 \times 0,33) + (0,05 \times 12,54) + (0,20 \times 0,55) + (0,20 \times 37,44) + (0,25 \times 0,22))}{51,08} = 0,1637$$

Tabela 5. Fatores CP em função das classes de uso e ocupação do Solo ,(modificada de STEIN et al.,1987).

| Descrição | CP (adimensional) |
|---|-------------------|
| 1. Área urbana | 0,00 |
| 2. Estradas | 0,00 |
| 3. Cursos de água (rios) | 0,00 |
| 4. Corpos de água (lagos) | 0,00 |
| 5. Vegetações de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial a total do terreno (Pastagem) | 0,10 |
| 6. Vegetações de porte médio a baixo, cobertura total do terreno (cerrado) | 0,0007 |
| 7. Vegetações de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno (Agricultura) | 0,25 |
| 8. Vegetações de porte alto a médio, cobertura total do terreno (Floresta, cerradão, reflorestamento) | 0,00004 |
| 9. Solo exposto (arado e ou gradeado desprovido de cobertura vegetal) | 1,00 |

Tabela 6. Uso do solo no município de Uberaba – Fonte: Uberaba em Dados, 2007.

| Discriminação principais atividades | Área de ocupação (%) |
|-------------------------------------|----------------------|
| Laranja | 0,33 |
| Cana de açúcar | 12,54 |
| Olericultura | 0,55 |
| Pastagens | 38,32 |
| Reflorestamento | 4,10 |
| Culturas perenes | 0,22 |
| Culturas cereais | 37,44 |
| Áreas Nativas | 3,19 |
| Outras | 13,63 |

Tabela 7. Valores de CP para as diversas classes de uso do solo .

| Descrição | CP médio (adimensional) |
|---|-------------------------|
| 1 – Área urbanizada | 0,00000 |
| 2 – Estradas | 0,00000 |
| 3 – Lagos / Lagoas / Reservatórios | 0,00000 |
| 4 – Agricultura | 0,16370 |
| 5 – Pastagem | 0,05500 |
| 6 –Vegetação nativa(Cerrado/Cerradão/Campo) | 0,00522 |
| 7 – Reflorestamento | 0,00010 |
| 8 – Solo nú | 1,00000 |

2.2.4. O Potencial Natural de Erosão - (PNE)

O PNE foi calculado a partir da combinação dos planos de informações (Mapas) de erosividade da chuva (fator R), erodibilidade dos solos (fator K), e do fator topográfico (LS). A multiplicação destes fatores da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) foi efetuado pela calculadora de imagens (módulo IDRISI: IMAGE CALCULATOR), do que resultou no produto digital PNE. Deste modo, atribui-se para cada pixel um valor associado de PNE em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ (Figura 16).

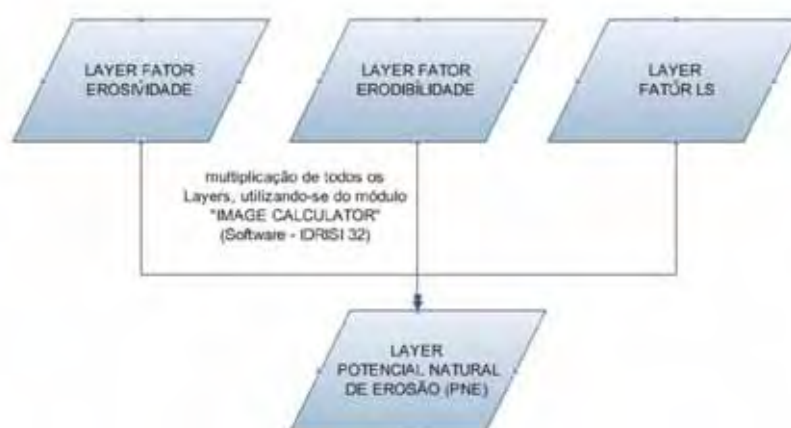


Figura 16. Metodologia utilizada para elaboração do mapa potencial natural de erosão (PNE).

A dimensão em área das classes de susceptibilidade natural à erosão foi definida por meio de tabulação cruzada das classes quantitativas geradas, sendo os valores transformados em classes qualitativas, ordenadas em cinco níveis (Tabela 14), adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999); Scopel (1988) e Nascimento (1998).

2.2.5. Diagnóstico ambiental da erosão

Para a análise qualitativa das áreas susceptíveis à erosão na bacia do rio Uberaba, em termos de perda de solo por unidade de área, utilizando-se do modelo matemático da EUPS, efetivou-se a multiplicação de todos os fatores envolvidos, mediante o módulo "OVERLAY" na opção "MULTIPLY" do IDRISI 32, de todos os planos (R, K, LS e CP) (Figura 17).

Com a geração do plano de informação perda de solo, procedeu-se sua reclassificação, adotando-se o limite de tolerância para cada classe, calculado a partir da equação (5) proposta por OLIVEIRA (2004), utilizando do programa de computador "CAUSO v2.1" (MARTINS FILHO, 2007).

Utilizando-se o Software IDRISI 32, a partir do mapa de solos da bacia, isolou-se cada classe de solos, mediante o uso do módulo ASSIGN, para que fosse gerada uma máscara auxiliar para obtenção das perdas individualizadas de cada solo (adotando-se o valor 1 para o solo a ser selecionado, e para o restante dos solos iguais a zero, utilizando o menu EDIT). Posteriormente, foram reclassificados de acordo com os limites de tolerância (Figura 18) calculado para cada tipo de solo, gerando-se um mapa com três classes distintas: 1) perdas nulas ou incipientes, 2) perdas dentro do limite de tolerância e 3) perdas acima do limite de tolerância.

Na elaboração de um diagnóstico ambiental de perda de solos realizou-se o cruzamento das informações do mapa reclassificado pelo limite de tolerância com o mapa de solos reclassificado por profundidade. Os solos da bacia foram agrupados de

acordo com suas profundidades, descritas por EMBRAPA/EPAMIG (1982), conforme apresentado na Tabela 8.

Deste modo, determinou-se o mapa de zoneamento ambiental conforme critérios descritos nas Tabelas 9 e 10 e procedimentos apresentados na Figura 19.

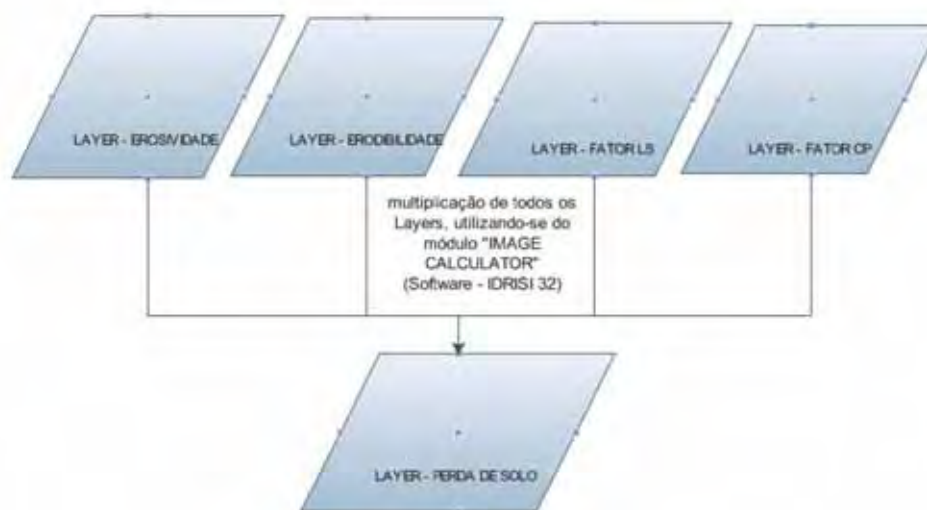


Figura 17. Metodologia utilizada para elaboração do mapa perda de solo.

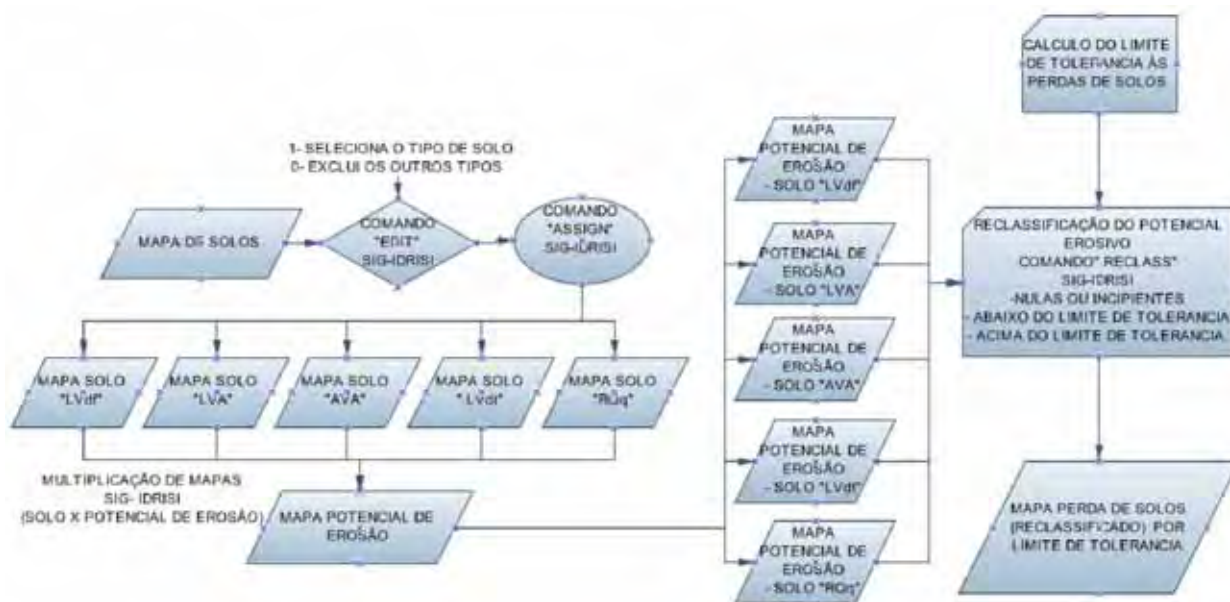


Figura 18. Metodologia utilizada para elaboração do mapa perdas de solo da bacia do rio Uberaba ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$), reclassificada por tolerância.



Figura 19. Metodologia utilizada no SIG-IDRISI para elaboração do zoneamento ambiental determinado pelas perdas de solos.

Tabela 8. Atribuição da profundidade de solos do triângulo mineiro EMBRAPA/EPA-MIG, 1982).

| Classificação EMBRAPA(1999) | Profundidade cm EMBRAPA(1999) | Classe de Profundidade |
|--|----------------------------------|---------------------------|
| LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO (LVAd) | > 200 | Muito profundo |
| LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFÉRICO(LVdf) | > 200 | Muito profundo |
| LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO(LVdt) | > 100 ≤ 200 | Profundo |
| ARGISOLO VERMELHO AMARELO (PVAd) | > 200 | Muito profundo |
| GLEYSOLOS MELÂNICOS Tb DISTRÓFICO(GMd) | > 100 ≤ 200 | Profundo |
| NEOSSOLOS QUARTZARENICOS HIDROMÓRFICOS(RQg) | > 200 | Muito profundo |

Tabela 9. Classes do zoneamento ambiental por perda de solo na bacia do rio Uberaba.

| Classes | Identificador no Mapa |
|--|-----------------------|
| Perdas nulas ou incipientes | 1 |
| Perdas dentro do limite de tolerância em solos muito profundos | 2 |
| Perdas dentro do limite de tolerância em solos profundos | 3 |
| Perdas acima do limite de tolerância em solos muito profundos | 4 |
| Perdas acima do limite de tolerância em solos profundos | 5 |

Tabela 10. Critérios de reclassificação do mapa zoneamento ambiental determinado pelas perdas de solo, gerando o mapa de impactos ambientais

| Classes da tabulação (Tabela 9) | Novas Classes para fim de Reclassificação |
|------------------------------------|---|
| 1 | 0 – sem impactos por perda de solo |
| 2 | 1 – baixos impactos por perda de solo |
| 3 | 2 – médios impactos por perda de solo |
| 4 | 3 – altos impactos por perda de solo |
| 5 | 4 – situação crítica de perda de solo |

2.2.6. Avaliação por verdade terrestre do zoneamento ambiental

O cálculo do número de amostras, correspondentes ao número de microbacias a serem checadas em nível de campo por verdade terrestre, foi estimada mediante o uso adaptado da equação elaborada pelo professor de estatística da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), Dr. Valduíno Stefanel, utilizada normalmente para determinação do número de entrevistas na aplicação de questionários sócio-econômicos a produtores rurais, como descrito por ROCHA & HURTZ (2001).

$$n = 0,25 Q N / [(Er^2) (N-1) + 0,25 Q] \quad (18)$$

Em que, n = número de visitas a serem feitas pelos pesquisadores; Q = valor tabelado do Qui-quadrado; 0,25 = variância máxima para um desvio padrão 0,5; Er = erro escolhido pelo pesquisador; igual a 0,1 (10%); N = número de microbacias.

III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Erodibilidade dos solos (K).

Os valores de erodibilidade encontrados utilizando-se o simulador de chuva (estimativa direta), em um Latossolo Vermelho distroférico, apresentaram-se maiores

quando comparado aos de estimativa indireta (Tabela 11). Após análise de variância ao teste de F 1%, observou-se diferença estatística entre as metodologias de determinação, adotando-se para a bacia do rio Uberaba, a erodibilidade calculada pelo método de DENARDIN (1990), por seu valor estar mais próximo dos resultados estimados mediante uso do simulador de chuvas. Os valores adotados de erodibilidade se enquadram dentro da realidade encontrada nos Latossolos brasileiros, sendo o mínimo de 0,002, média de 0,011 e máximo de 0,034 t h ha⁻¹MJ⁻¹ mm⁻¹(TOMAZONI & GUIMARÃES et al., 2005). Os menos erodíveis são os Latossolos, que são solos mais intemperizados e profundos, sendo que, o argissolo e neossolo apresentam maior erodibilidade. Observou-se que o grau de maturidade e profundidade diminui a erodibilidade dos solos. Os valores encontrados por BAPTISTA (2003), a partir do diagnóstico da erosão laminar no Distrito Federal, sob solo de cerrado, apresenta-se próximo aos encontrados neste trabalho para as respectivas classes de solos analisadas.

Tabela 11 – Erodibilidade dos solos obtidas com dois métodos indiretos e direto com o simulador de chuvas.

| Solo | Erodibilidade , fator K, t h MJ ⁻¹ mm ⁻¹ | | |
|----------------------------------|--|-----------------|-------------------------------------|
| | Roloff e Denardin (1994) | Denardin (1990) | Simulador de chuva (área em estudo) |
| Latossolo Vermelho distroferrico | 0,0150 | 0,0220 | 0,0324 |
| Latossolo Vermelho distrofico | 0,0250 | 0,0170 | ----- |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 0,0200 | 0,0200 | ----- |
| Argissolo Vermelho Amarelo | 0,0330 | 0,0280 | ----- |
| Neossolos Quartzarenicos | 0,0370 | 0,0270 | ----- |

3.2. Comprimento de rampa (L)

Os comprimentos de rampa até 0,2 km, correspondem a 873,60 km², 38,11 % da área da bacia do rio Uberaba (Figura 20), localizando-se em região com predominância geológica da formação Marília (Figura 3). Contudo, para os comprimentos e rampa situados entre 0,2 a 0,3 km, 918,66 km², localizam-se preferencialmente sob formação Uberaba, enquanto para comprimentos entre 0,3 a 0,4 km, 416,04 km², localizam-se sob formação Serra Geral. Logo, os comprimentos de rampa situados até 0,4 km correspondem a 91,28% da área da bacia do rio Uberaba, mostrando que embora a bacia não tenha um relevo acentuado, o fator L exerce influência importante no processo erosivo, pois o comprimento da encosta influencia a velocidade de escoamento superficial, favorecendo a erosão em intensidade e quantidade de material transportado (SILVA et al., 2003).

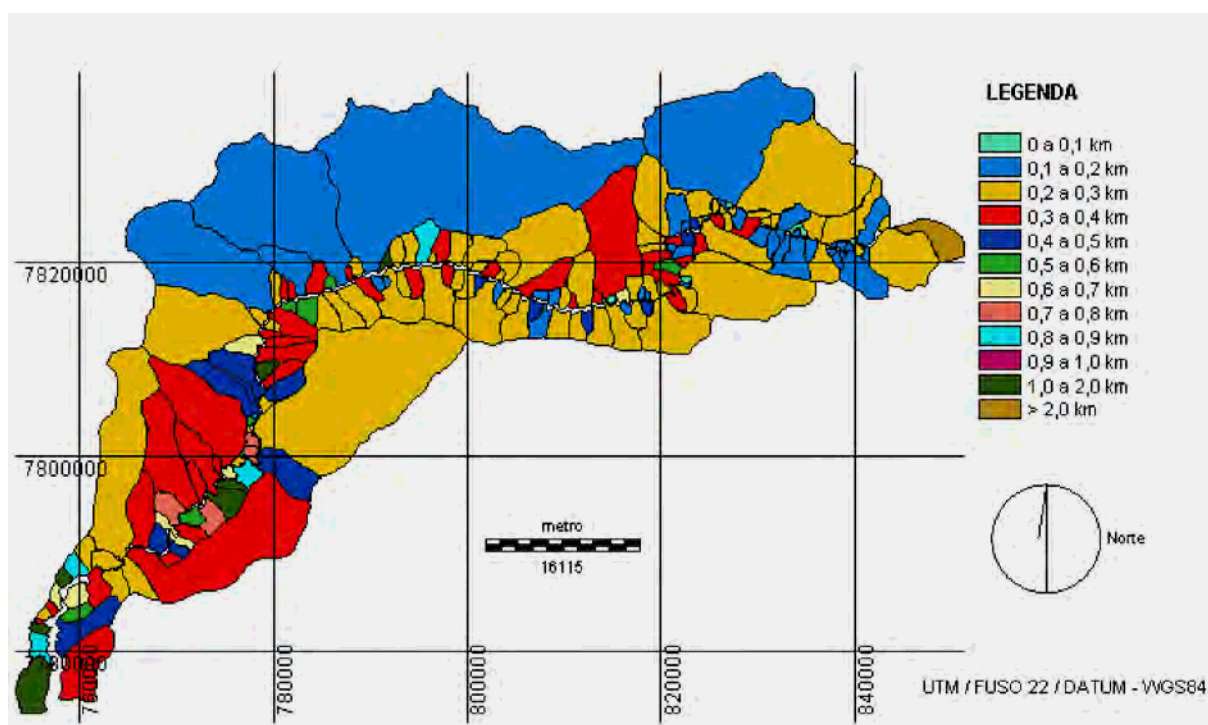


Figura 20. Comprimentos de rampa médios das microbacias que compõem a bacia do rio Uberaba.

3.3. Declividade

A partir da elaboração do mapa de declividade observou-se sua coerência com o MDT (Figura 21). Verificou-se que os maiores valores de declividade, acima de 20%, ocorrem ao norte da bacia, próximo a sua divisa, onde predomina o relevo montanhoso o qual ocupa área de 39,7 km², correspondendo a 1,65% da área da bacia. Contudo, a classe de relevo plano a suave ondulado ocupa 64,67% da área total, prevalecendo desta forma na bacia declividades de 0 a 5% (Tabela 12) (Figura 22).

A magnitude dos comprimentos de rampa mostraram existir relação inversa com os valores de declive, isto é, quando se obteve os menores comprimentos de rampa normalmente a declividade foi maior que 10 % e com os maiores comprimentos de rampa a declividade foi de 0 a 5%.

O produto LS é apresentado na Figura 23 onde observa-se que 61,88% da área da bacia resulta de um valor de LS inferior a 2 , devido à predominância de declives suaves ondulados a planos e comprimento de rampa médio a baixos (Tabela 13).

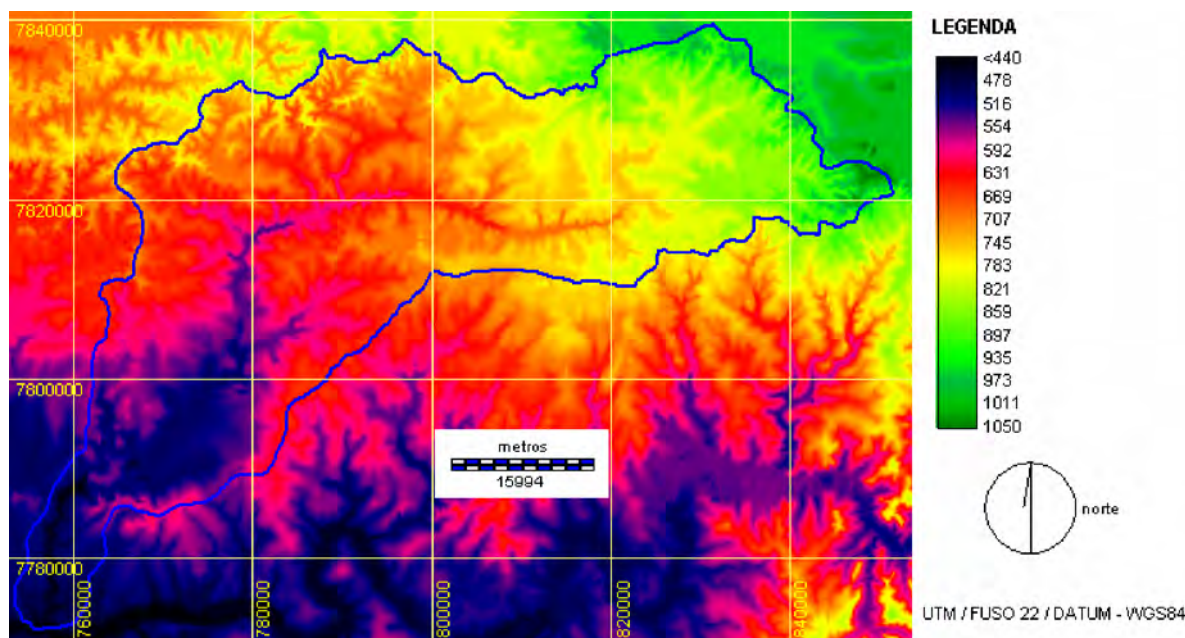


Figura 21. Modelo digital do terreno da bacia do rio Uberaba.

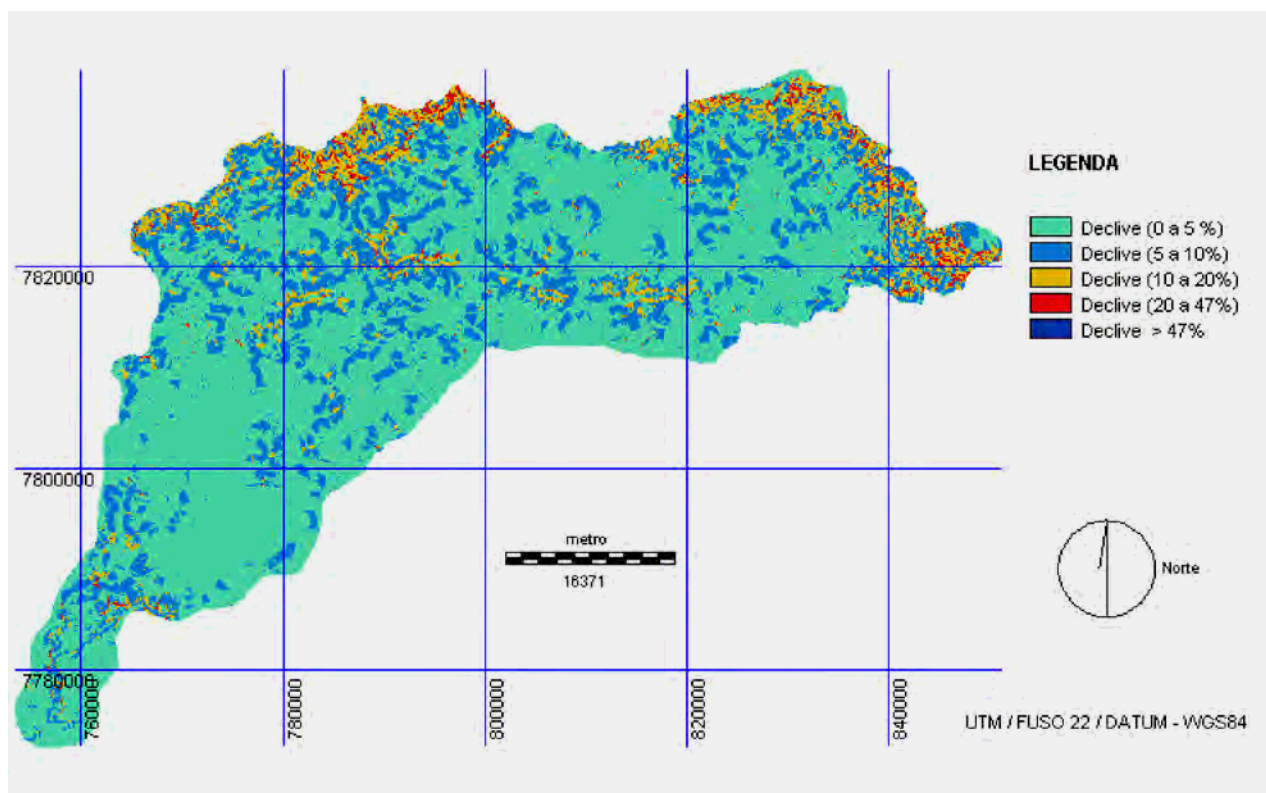


Figura 22. Mapa reclassificado de declividades da bacia do rio Uberaba

Tabela 12. Áreas da bacia correspondentes aos intervalos de declive

| Declividade (%) | Área (km ²) | Área (%) |
|-----------------|-------------------------|----------|
| 0 a 5 | 1564,4 | 64,67 |
| 5 a 10 | 619,6 | 25,61 |
| 10 a 20 | 195,3 | 8,07 |
| 20 a 47 | 38,1 | 1,58 |
| > 47 | 1,6 | 0,07 |
| Total | 2419 | 100 |

Tabela 13. Áreas da bacia equivalentes aos intervalos do fator LS.

| Fator - (LS) adimensional | Área (km ²) | Área (%) |
|------------------------------|-------------------------|----------|
| 0-1 | 785,44 | 32,47 |
| 1-2 | 711,49 | 29,41 |
| 2-3 | 415,80 | 17,19 |
| 3-4 | 195,64 | 8,09 |
| 4-5 | 103,01 | 4,26 |
| 5-10 | 161,41 | 6,67 |
| 10-15 | 28,77 | 1,19 |
| 15-20 | 8,71 | 0,36 |
| > 20 | 8,73 | 0,36 |
| Total | 2419 | 100 |

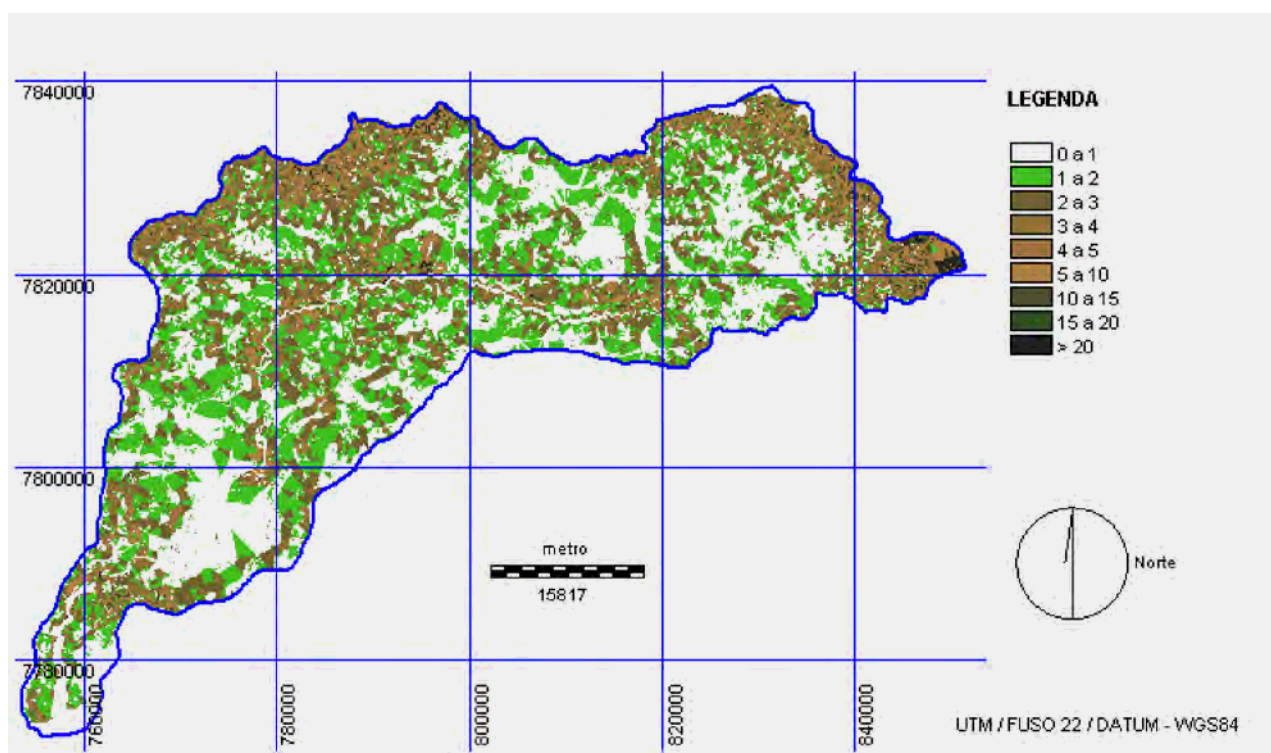


Figura 23. Fator LS da bacia do rio Uberaba (adimensional)

3.4. Fator CP – uso, manejo de prática conservacionista

Na bacia predominam formas de uso que protegem pouco o solo, como lavouras e pastagens, cujos valores do Fator CP são respectivamente 0,163 e 0,055 (Figura 24). Essa classe de CP, que expõe mais o solo à erosão, abrangem 78,1% da área da bacia.

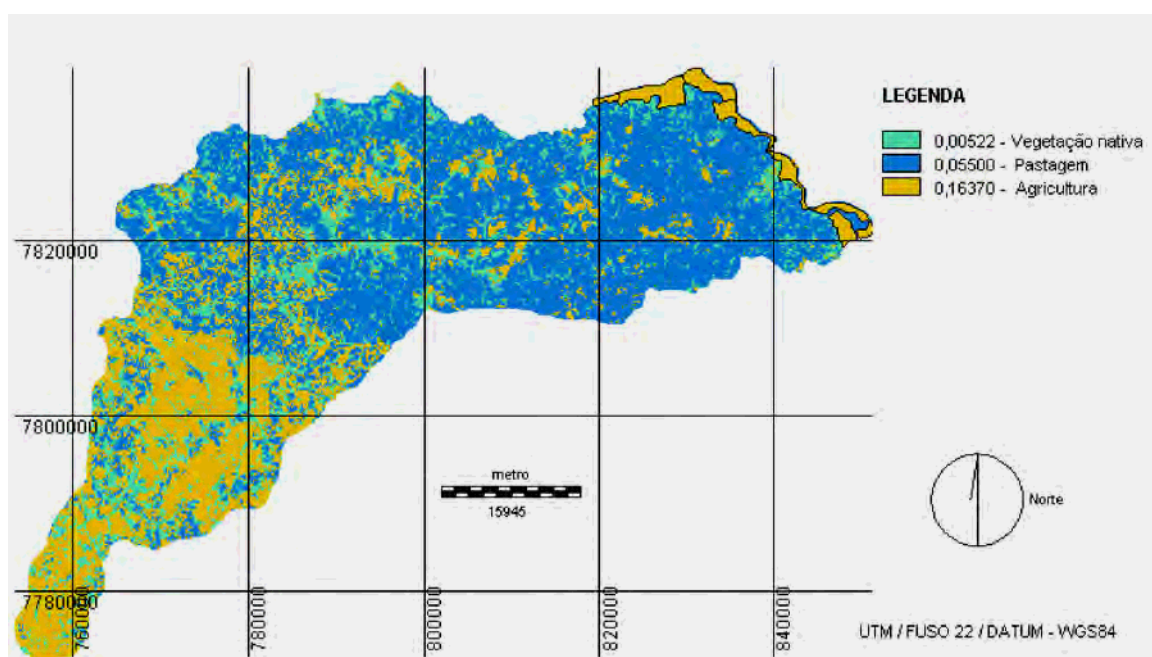


Figura 24. Fator CP da bacia do rio Uberaba

Na bacia verifica-se que a agricultura ocupa 27,99 % da área (677,07 km²), pecuária 50,21% (1214,57km²) e a vegetação nativa 17,96% (434,45 km²) (Figura 25).

CRUZ (2003) observou que no uso e ocupação da bacia do rio Uberaba, no ano 1998, predominava 19,6% da área (408,8 km²) com agricultura, 58,5% (1415,11 km²) com pastagem e 19,7% (476,54 km²) com vegetação nativa.

Observou-se então, que nos últimos 10 anos ocorreu decréscimo da vegetação nativa em 1,7 % da área, com simultâneo aumento da área agrícola em 8,39%, gerando

redução das áreas de pastagem em 8,29%. Com este crescimento das áreas agrícolas, composta preferencialmente pelas culturas da cana-de-açúcar, sorgo e soja, aliado ao respectivo decréscimo das áreas de pastagem e vegetação nativa, demonstra-se a seriedade dos impactos em detrimento das atividades antrópicas.

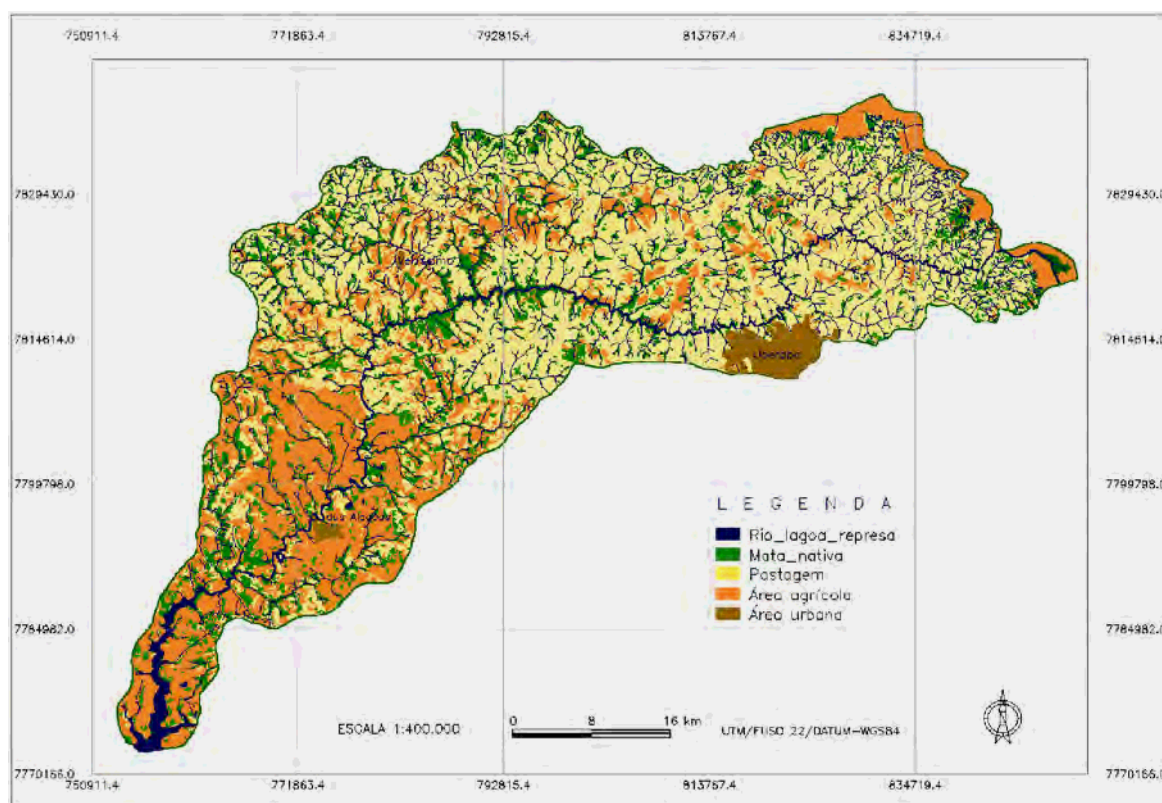


Figura 25. Uso e ocupação do solo na bacia do rio Uberaba, elaborado a partir Mosaico de Imagens CBERS 2 (CANDIDO, 2008).

3.5. Perda de solo

3.5.1. Potencial natural de erosão (PNE)

Pela análise da Tabela 14, observa-se que as áreas mais sujeitas à erosão natural na bacia do rio Uberaba, englobam 77,12 % área da bacia, enquanto as menos

susceptíveis representam apenas 22,88%. De forma geral, a bacia pode apresentar sérios problemas com relação à erosão, devido a seu potencial natural de erosão encontrar-se entre a faixa de médio a extremamente alto (Tabela 14), na sua grande maioria, sem considerar a possível ação antrópica e falta de práticas conservacionistas de manejo dos solos (Figura 26).

Tabela 14. Classes do potencial natural de erosão para a bacia do rio Uberaba adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO (1999); Scopel (1988) e Nascimento (1998).

| Classes do potencial de perdas de solo | PNE ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) | Area (km^2) | Area Total (%) |
|--|--|-----------------|----------------|
| Baixo | 0 - 100 | 553,44 | 22,88 |
| Medio | 100,1 - 200 | 476,59 | 19,70 |
| Alto | 200,1 - 600 | 1029,17 | 42,55 |
| Muito alto | 600,1 - 1000 | 213,08 | 8,81 |
| Extremamente Alto | >1000,1 | 146,72 | 6,06 |
| TOTAL | ---- | 2419 | 100 |

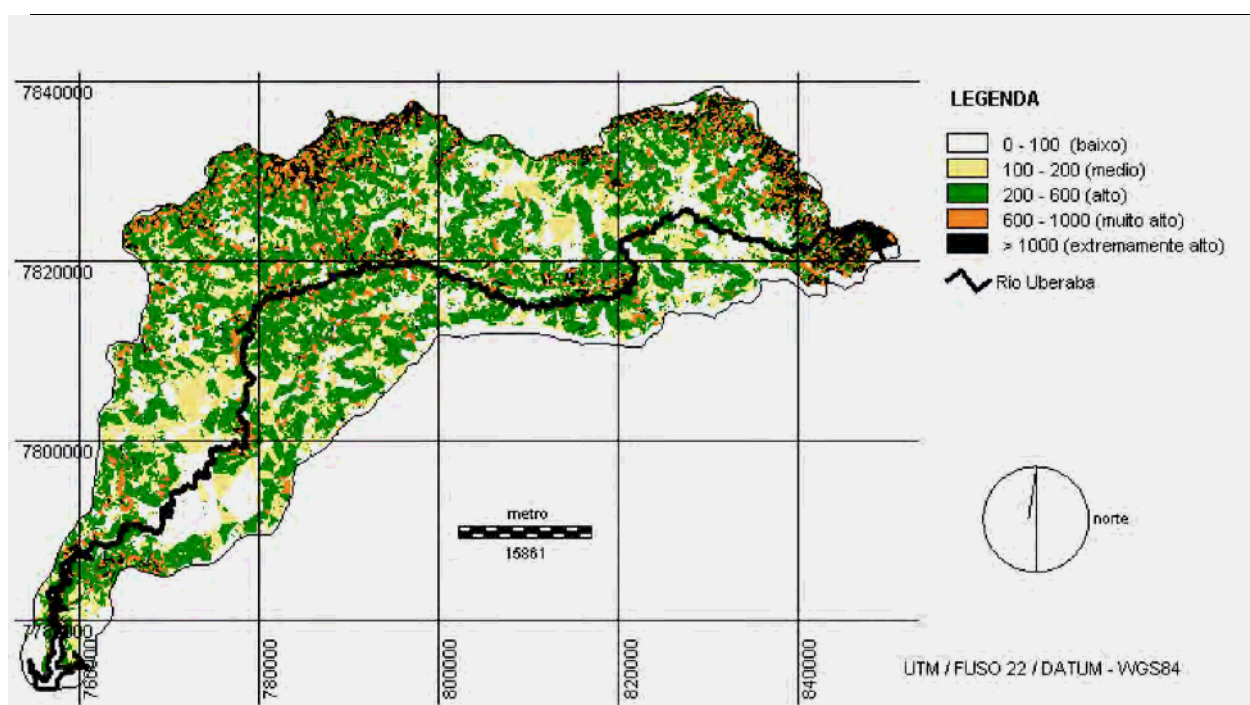


Figura 26. Potencial natural de erosão da bacia do rio Uberaba (PNE).

Os maiores valores de potencial natural de erosão ocorrem nas regiões com maior declive, com o relevo mais acentuado, ficando evidente as inter-relações do potencial natural com o relevo e solo (Figura 26), ressaltando a importância do conhecimento da erodibilidade (K) e do fator topográfico (LS). Os potenciais altos associam-se aos Argissolos e aos relevos mais acentuados com Neossolos Quartzarenicos, enquanto os baixos refletem formas de topos planos a levemente convexos e vales mais abertos predominando Latossolos. Em pequenas áreas, altos valores de PNE ocorrem associados a cabeceiras de drenagem mais ramificada, a cristas de divisores mais proeminentes e vales mais entalhados.

3.5.2. Perda de solo por unidade de área – ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) - (A)

Analisando a Figura 27, observa-se que a distribuição espacial da susceptibilidade à erosão está associada à geomorfologia e ao relevo da região. As áreas com estimativas superiores a $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ estão localizadas em regiões de maior declive, nos divisores das microbacias hidrográficas, encostas e cume de morros, totalizando $303,79 km^2$ da área da bacia do rio Uberaba. Entretanto, as áreas onde ocorrem menores perdas de solos até $10 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ($1019,20 km^2$) estão localizadas em terrenos mais planos, onde predomina os Latossolos.

Adotando-se a classificação proposta por SILVA et al. (2003) onde as perdas de solo ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) são consideradas como sendo: (1) < 10 nula a pequena; (2) 10 a 15: moderada; (3) 15 a 50 média; (4) 50 a 120 média forte; (5) 120 a 200 forte; observa-se na Figura 27, a predominância na bacia de perdas até $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, onde a classe 1 ocupa (42,15%) da área da bacia, classe 2 (10,62%), classe 3 (34,68%). Por sua vez, as perdas superiores a $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ocorrerem em locais onde houve combinação entre um relevo acidentado com solos altamente erodíveis (12,55%).

Verifica-se que a distribuição espacial de susceptibilidade à erosão está associada ao relevo da região. As classes de susceptibilidade acima de $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ se localizaram justamente nas regiões com declive mais acentuado, pois a elevação dos declives favorece a susceptibilidade à erosão (BAPTISTA, 2003; FARINASSO, 2005).

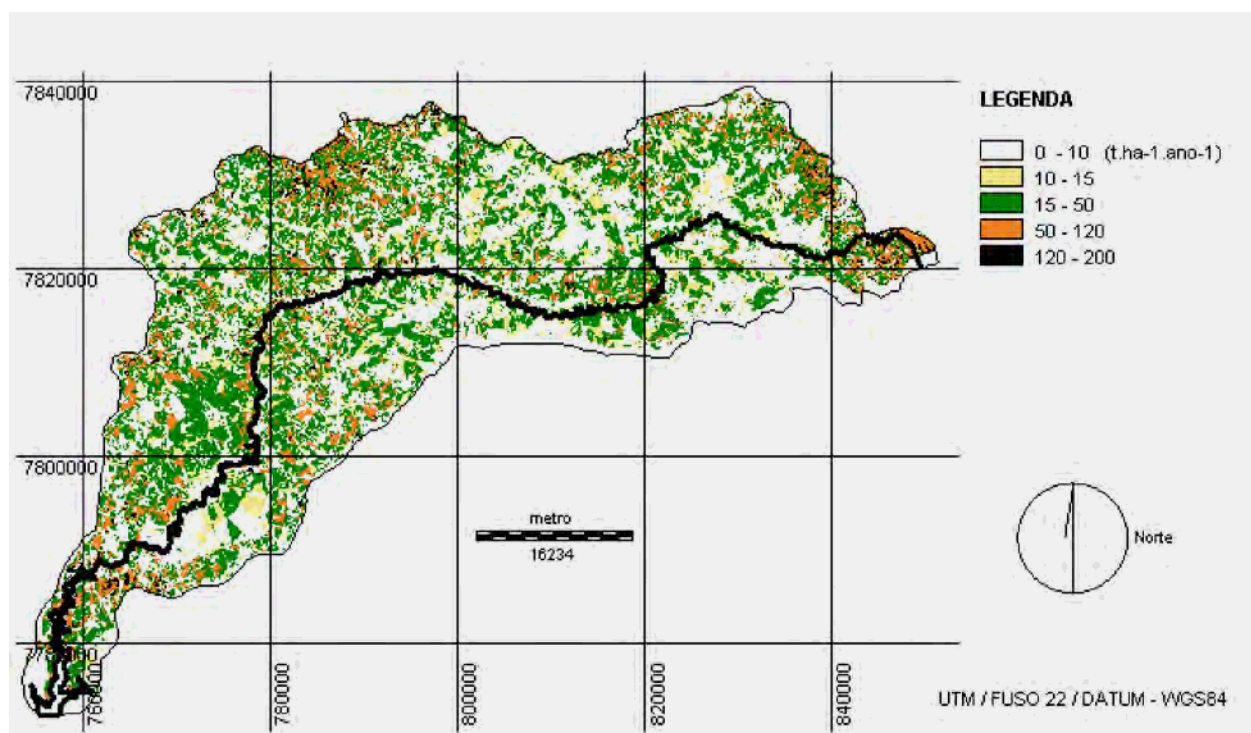


Figura 27. Perdas de solo da bacia do rio Uberaba ($t.ha^{-1} ano^{-1}$), reclassificado.

3.5.3. Limite de tolerância

Na busca da espacialização das áreas com impactos por perda de solo, após a estimativa das perdas de solo da bacia do rio Uberaba, se efetivou a reclassificação da Figura 27, baseado na metodologia proposta por OLIVEIRA (2004). Mediante a descrição dos perfis de solos presentes na bacia do rio Uberaba, apresentado em EMBRAPA/EPAMIG (1982) e na análise química, incluindo matéria orgânica, coletados ao longo da bacia (92 pontos de coleta), pode-se calcular a tolerância de cada solo da bacia, utilizando-se da equação 5, apresentada na Tabela 15.

Tabela 15. Valores de tolerância a perdas de solos , para a bacia do rio Uberaba, segundo metodologia de OLIVEIRA (2004)

| Solos | Tolerância calculada OLIVEIRA (2004) (t ha ⁻¹ ano ⁻¹) |
|--|--|
| Latossolo Vermelho distroferrico- LVdf | 22,98 |
| Latossolo Vermelho Amarelo | 25,87 |
| Argissolo Vermelho Amarelo | 17,78 |
| Latossolo Vermelho distrofico -LVdt | 14,21 |
| Neossolos Quartzarenicos - ROq | 2,14 |

Analisando a Tabela 15, que traz um cruzamento entre os tipos de solos, tolerância a perda de solos (t ha⁻¹ano) utilizando-se o método de OLIVEIRA (2004), observa-se que os Latossolos suportam maiores remoções por erosão laminar como o LVdf o LVA (perdas toleráveis de 22,98 a 25,87 t.ha⁻¹ano), abrangendo respectivamente 61,31%, 4,30% da área da bacia. Nos solos mais erodíveis, como o, ROq e o LVdt (perdas toleráveis de 2,14 a 14,21 t ha⁻¹.ano), que suportam menores remoções, correspondem a 0,33% e 24,66% da áreas da bacia. A relação existente entre tolerância a perda de solos e a profundidade dos solos observado nesta tese, foi comprovado também por TOMAZONI & GUIMARÃES, (2005) e BAPTISTA (2003), onde para as mesmas classes de solos, os valores de tolerância apresentaram-se próximos aos encontrados neste trabalho.

A partir dos limites de tolerância calculada para cada tipo de solo, (Tabela 15), gerou-se o mapa com três classes distintas: perdas nulas ou incipientes, perdas dentro do limite de tolerância e perdas acima do limite de tolerância representando as perdas de solos segundo o limite de tolerância (Figura 28). Desta forma, detectou-se que 15,18 % da área da bacia (357,44 km²) possui perdas nulas ou incipientes (até 1 t ha⁻¹ ano⁻¹), 47,38% (1146,32 km²) perdas abaixo do limite de tolerância e 37,42% (905,24 km²) acima do limite de tolerância .

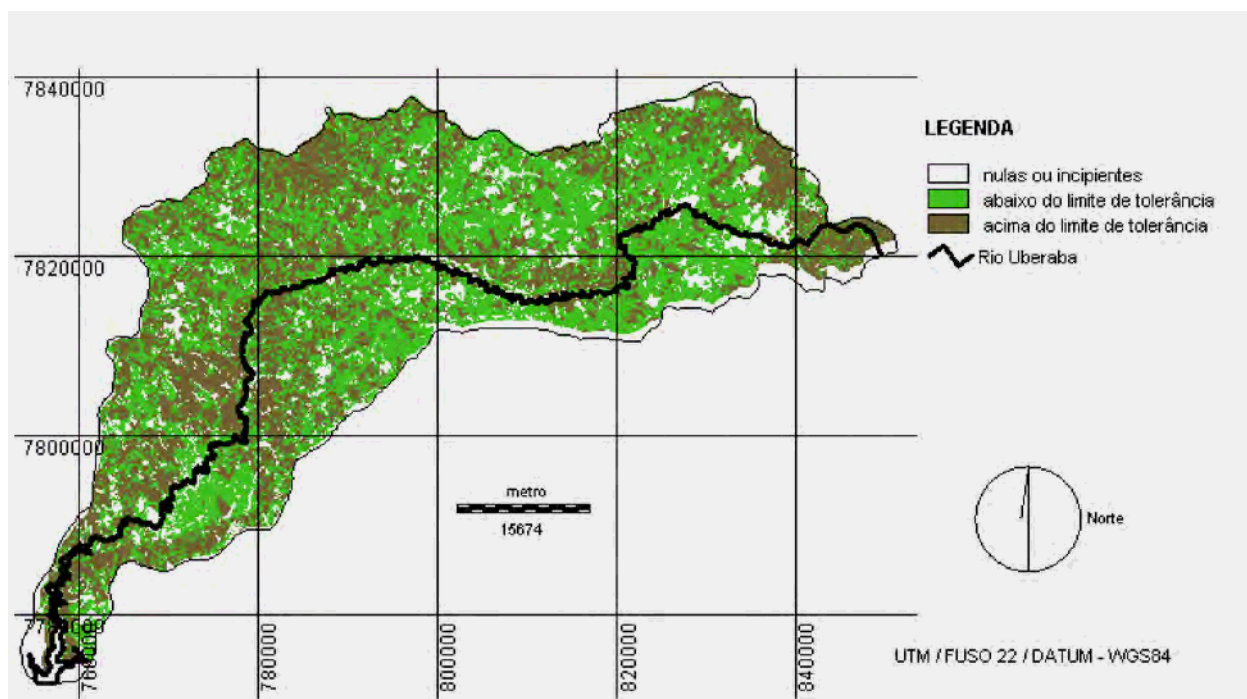


Figura 28. Mapa de perdas de solo da bacia do rio Uberaba ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), reclassificado por tolerância.

3.6. Profundidade dos solos

Utilizando do Software IDRISI 32, a partir do mapa de solos da bacia do rio Uberaba, mediante o uso do menu EDIT elaborou-se um banco de dados para diferenciação de solos quanto a respectiva profundidade do seu horizonte, seguindo critérios apresentados na Tabela 8. Na seqüência, utilizando-se o comando ASSIGN, à partir do mapa de solos gerou-se o mapa solos reclassificado por profundidade, conforme apresentado na Figura 29. Na bacia hidrográfica do rio Uberaba, 24,84% da área ($600,94\ km^2$) é ocupada com solos profundos e 75,16% ($1818,06\ km^2$) com solos muito profundos.

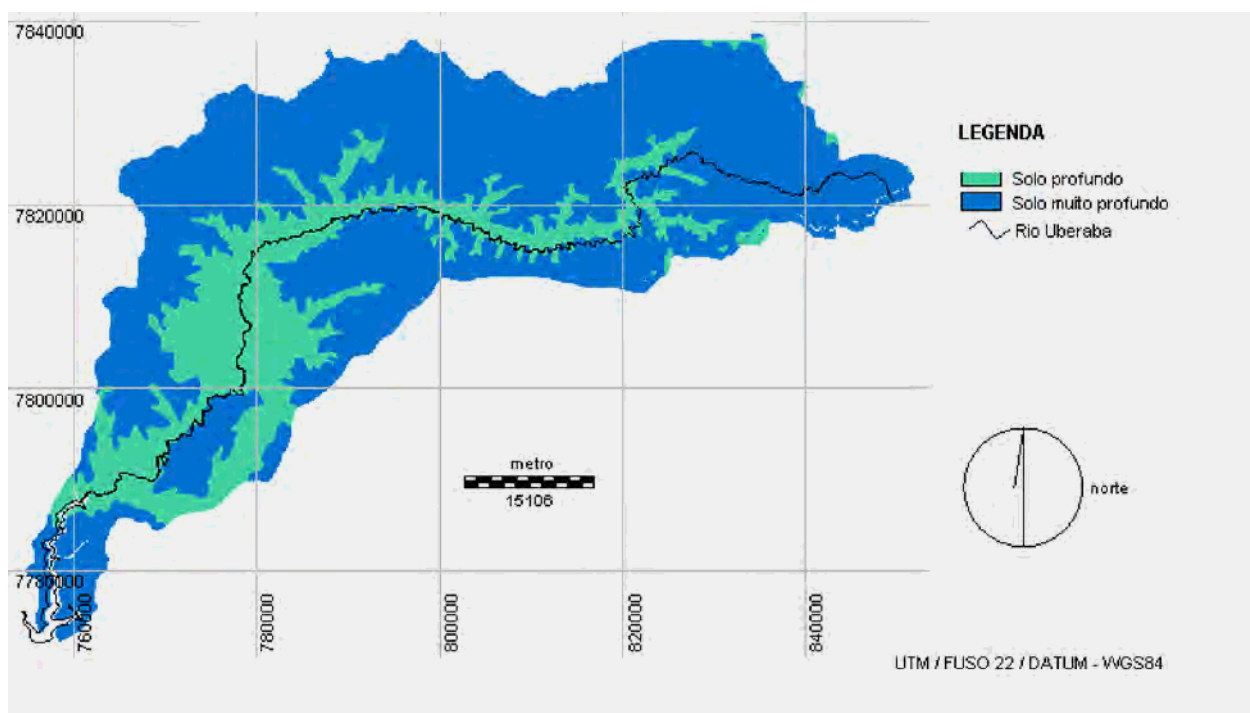


Figura 29. Mapa de solos da bacia do rio Uberaba, reclassificado por profundidade.

3.7. Zoneamento de perdas de solos na bacia do rio Uberaba

Utilizando-se do método de classificação cruzada, no SIG IDRISI, conceituada como a superposição de dois planos de informação (multiplicação de dois planos), a partir do cruzamento das informações dos mapas de perda reclassificado pela tolerância (Figura 28) com o mapa de solos reclassificado por profundidade (Figura 29), gerou-se o mapa de comparação, apresentado na Figura 30. Esta ferramenta permitiu comparar dois mapas classificados por vez e elaborar a partir de sua interpretação o zoneamento ambiental da bacia do rio Uberaba, determinado pelas perdas de solo Figura 31.

A Tabela 16 apresenta o detalhamento das classes geradas na classificação por tabulação cruzada entre profundidade (1 – profundo; 2- muito profundo) e tolerância (1 - nula e incipiente; 2- abaixo do limite de tolerância 3- acima do limite de tolerância) , gerando-se seis classes distintas.

Tabela 16. Classes obtidas por classificação por tabulação cruzada entre profundidade e tolerância.

| Classes | Profundidade Tolerância |
|----------|--|
| 1: 1 1 | --- |
| 2: 2 1 | --- |
| 3: 1 2 | Perda dentro do limite de tolerância para solo profundos. |
| 4: 2 2 | Perda dentro do limite de tolerância para solo muito profundo. |
| 5: 1 3 | Perda acima do limite de tolerância para solo profundo. |
| 6: 2 3 | Perda acima do limite de tolerância para solo muito profundo. |

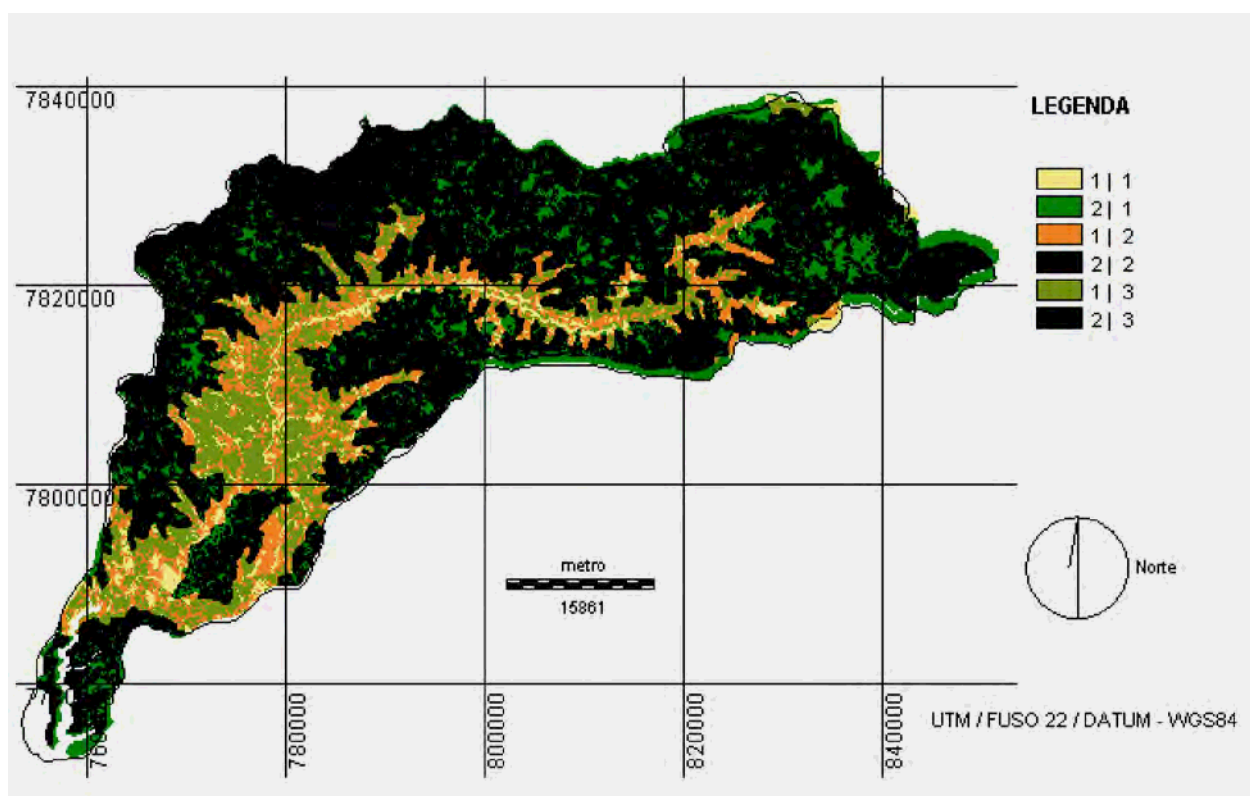


Figura 30. Resultado da classificação por tabulação cruzada entre perdas reclassificadas por profundidade de solos reclassificados por limite de tolerância.

Para melhor interpretação dos resultados, a Figura 30 (classificação por tabulação cruzada) foi reclassificada, seguindo os critérios apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Critérios de reclassificação do mapa da classificação por tabulação cruzada, (profundidade x limite de tolerância).

| Classes da tabulação (Tabela 16) | Novas Classes para fim de Reclassificação |
|-------------------------------------|--|
| 1 e 2 | 1 – perda nula ou incipiente |
| 3 | 2 – Perdas dentro do limite de tolerâncias em solos profundos |
| 4 | 3 - Perdas dentro do limite de tolerância em solos muito profundos |
| 5 | 4 - Perdas acima do limite de tolerância em solos profundos |
| 6 | 5 - Perdas acima do limite de tolerância em solos muito profundos |

Adotando os critérios de reclassificação apresentados acima, obteve-se o mapa representativo do zoneamento determinado pela perda de solo na bacia do rio Uberaba (Figura 31).

Segundo CRUZ (2003), 19,7 km² da bacia do rio Uberaba enquadram-se como áreas potenciais de susceptibilidade à erosão, considerando os fatores: declividade (>20%), solos arenosos (Argissolos), uso e ocupação do solo (pastagens e áreas agrícolas), devendo ser prioritariamente preservadas. Tais resultados, devido a não observância de outros tipos de solos, declives e parâmetros físicos, não coincidiram com os valores estimados neste trabalho, revertendo desta forma na subestimação das áreas prioritárias a serem conservadas.

Analisando o mapa de perdas de solo por limite de tolerância na bacia do rio Uberaba aliado à profundidade dos solos (zoneamento ambiental determinado pelas perdas de solos) (Figura 31) observa-se que as perdas por erosão laminar acima do limite de tolerância ocorrem em 25,27% da área da bacia para solos muito profundos (611,29 km²) e 12,15 % para solos profundos (293,95km²). Desta forma, as áreas prioritárias a serem preservadas não ocorrem somente em declives superiores a 20%, mais sim em todos os declives e tipos de solos, donde a partir do zoneamento realizado é possível estabelecer estratégias de manejo e conservação dos solos na bacia.

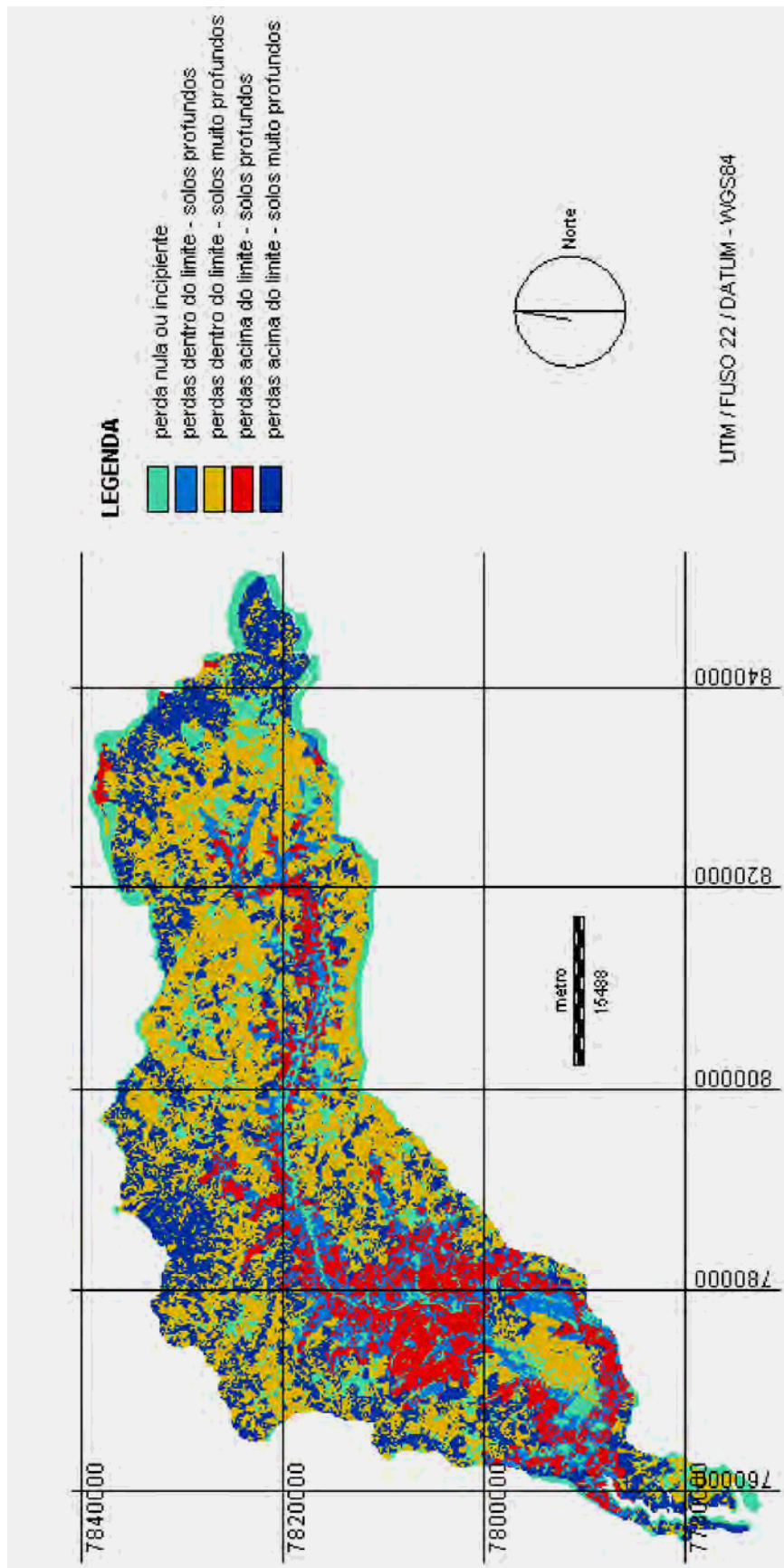


Figura 31. Zoneamento ambiental da bacia do rio Uberaba, determinado pelas perdas de solo.

3.8. Impactos ambientais por perda de solo na bacia do rio Uberaba.

Analisando o mapa do zoneamento ambiental determinado pelas perdas de solo na bacia do rio Uberaba (Figura 31) observa-se que as perdas por erosão acima do limite de tolerância, ultrapassaram 905,24 km², equivalendo a 37,42% da área total da bacia, influenciando a produtividade agrônômica, tendo em vista que a taxa de remoção do solo é superior a tolerável, onde medidas técnicas de conservação e recuperação devem ser tomadas, para que tais perdas deixem de ser tão impactantes.

Alem de ser amplamente utilizada, a EUPS possui no seu formato praticamente todas as variáveis que influenciam diretamente na erosão laminar. Ao se reclassificar seu resultado a partir da tolerância à perda e cruzando com a variável profundidade dos solos é possível zonedar áreas extensas, balizadas nos diferentes graus de susceptibilidade, localizando áreas que ultrapassam seu limite de perdas, distinguindo desta forma os impactos ambientais gerados pela erosão laminar, metodologia também utilizada por BAPTISTA (2003) ao zonedar o potencial de erosão do Distrito Federal.

O mapa correspondente ao plano de informação, referente aos impactos ambientais gerados pela perda de solo na bacia do rio Uberaba, foi construído a partir da reclassificação do mapa de zoneamento determinado pela perda de solo, adotando-se quatro classes, apresentadas na Tabela 18 e Figura 32.

A partir do mapa de Impactos ambientais, utilizando-se o IDRISI 32, menu EDIT (banco de dados), separou-se as classes de altos impactos e situação crítica, mediante uso do comando ASSIGN (Figura 33)

Tabela 18. Critérios de reclassificação do mapa Zoneamento ambiental da bacia do rio Uberaba, determinado pelas perdas de solo.

| Classes da tabulação (Tabela 17) | Novas Classes para fim de Reclassificação |
|-------------------------------------|---|
| 1 | 0 – sem impactos por perda de solo |
| 2 | 1 – baixos impactos por perda de solo |
| 3 | 2 – médios impactos por perda de solo |
| 4 | 3 – altos impactos por perda de solo |
| 5 | 4 – situação crítica de perda de solo |

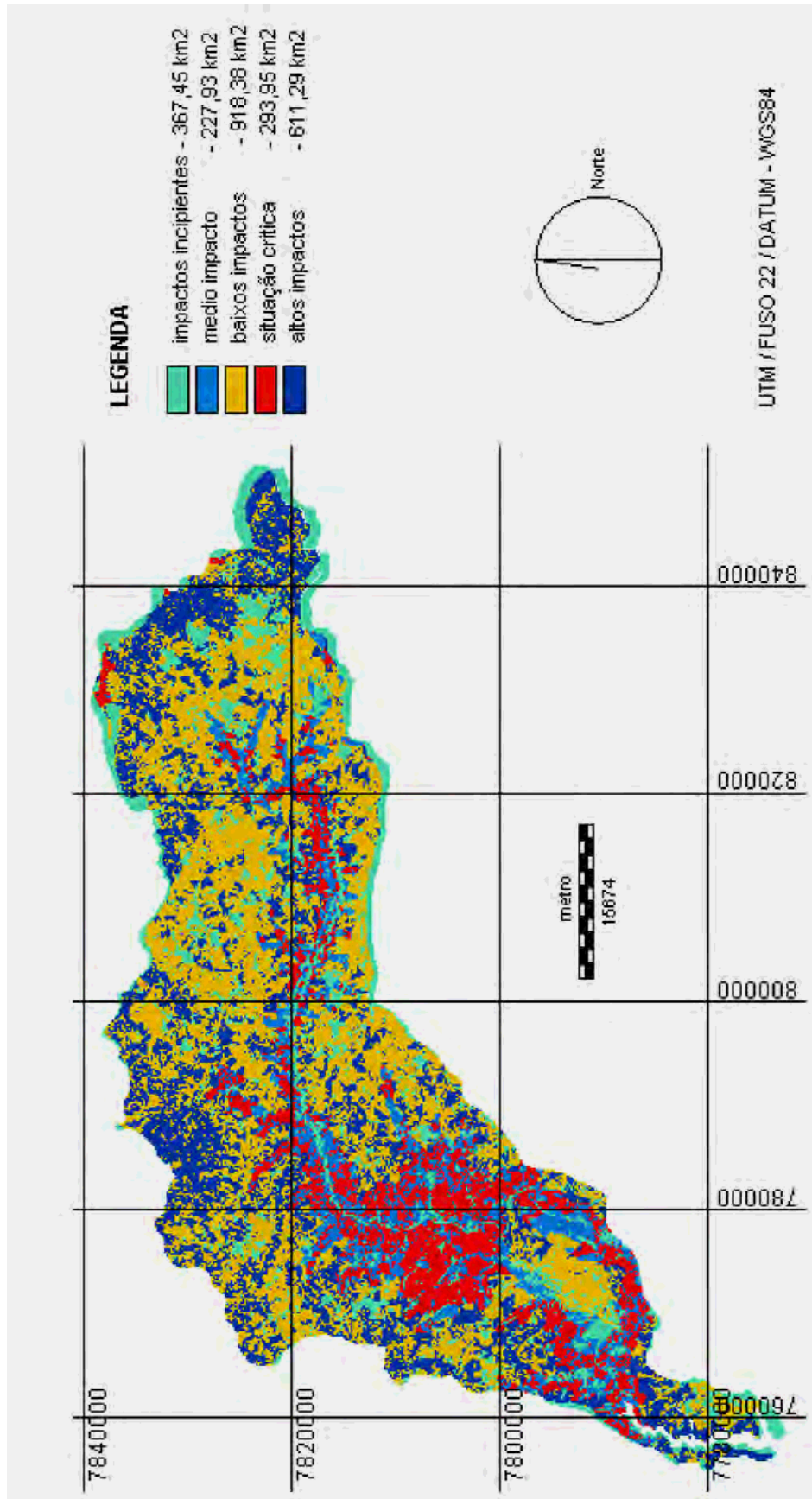


Figura 32. Impactos ambientais da bacia do rio Uberaba, por perda de solo.

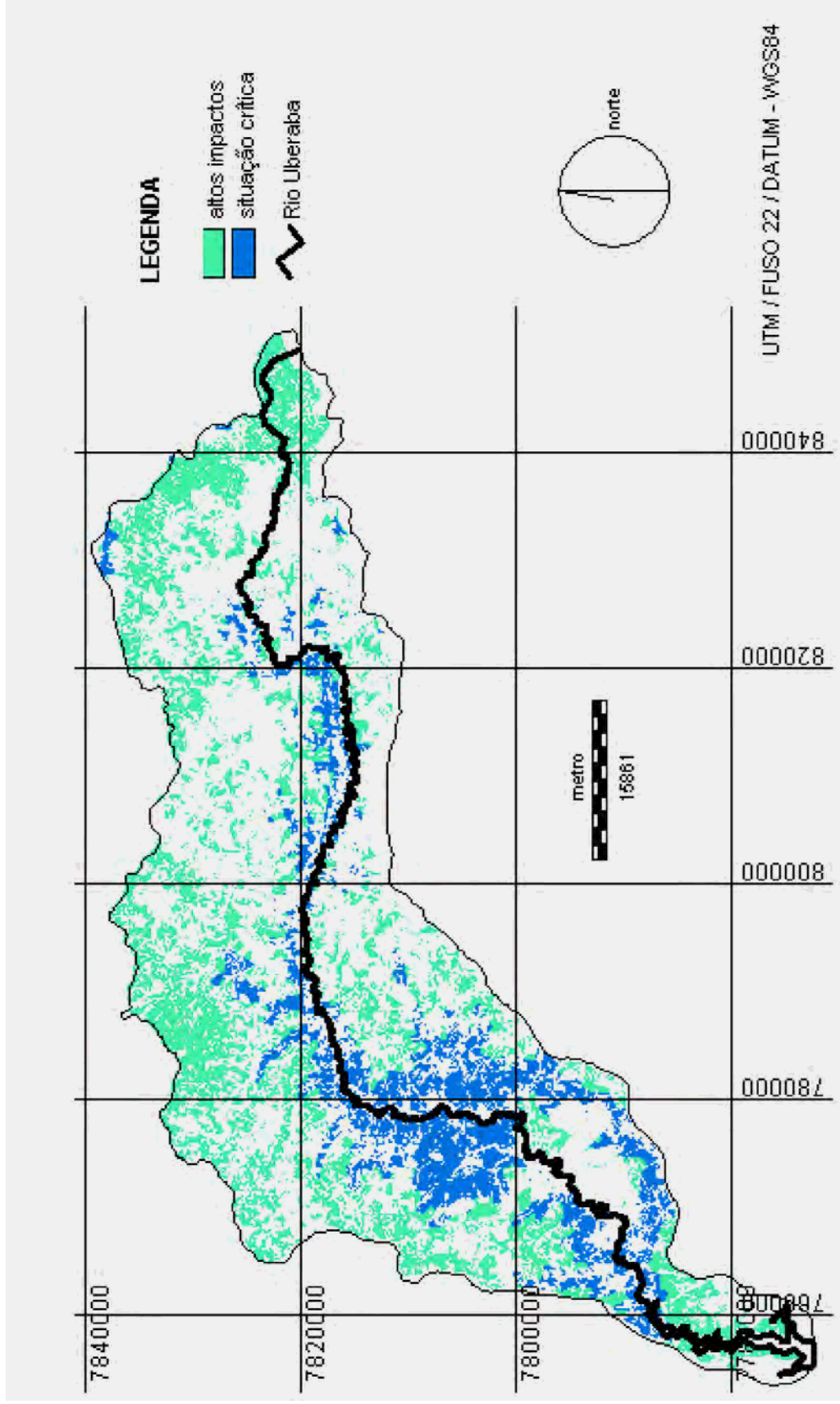


Figura 33. Classes de altos impactos e situação crítica na bacia do rio Uberaba.

Segundo Figuras 34 a 43 podemos observar impactos decorrentes do uso e ocupação dos solos para fins agrícolas e pastagens, em zonas de alto impacto e situação críticas na bacia do rio Uberaba, relatando os impactos e a degradação ambiental ocasionados com a erosão laminar na bacia, checados por verdade terrestre efetuada em nível de campo, em 10 microbacias sorteadas ao acaso.



Figura 34. Detalhe de área de pastagem (em região de altos impactos) na bacia do rio Uberaba (0811398 E – 7832899 N)



Figura 35. Detalhe de área de pastagem, invasoras em pasto degradado (em região de situação crítica) na bacia do rio Uberaba (807782 E - 7814651 N).



Figura 36. Detalhe de área de plantio de cana de açúcar a 20 m da nascente do rio Uberaba, (em região alto impacto) na bacia do rio Uberaba (849142 E - 7821751 N).



Figura 37. Detalhe de área de pastagem (em região de alto impacto) na bacia do rio Uberaba (774631 E - 7822813 N)



Figura 38. Detalhe de área de pastagem (em região de alto impacto) na bacia do rio Uberaba (812222 N -7831754 E)



Figura 39. Dragagem (em região de situação crítica) – ponte sobre a foz do rio Uberaba (765204 N – 7790629 E)



Figura 40. Detalhe de área agrícola na foz do rio Uberaba (em região de situação crítica) (759196 N -7789159 E) , pouca existência de mata ciliar.



Figura 41. Presença de lixo nas margens em vários pontos do rio Uberaba.



Figura 42. Pastagem degradada sobre Argissolo.



Figura 43. Erosão ocorrida após desmatamento de área de preservação permanente, sobre Argissolo.

IV - CONCLUSÕES

O uso da Equação Universal de perdas de solo possibilita a estimativa qualitativa do potencial de erosão ocasionado por erosão laminar na bacia do rio Uberaba.

A bacia do rio Uberaba apresenta perdas de solos acima do limite de tolerância em 37,42% do total de sua área (905,18 km²), sendo 12,15% em solos profundos (293,90 km²) e 25,27% em muito profundos (611,28 km²).

V – REFERENCIAS :

ABDALA, V. L. **Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba - MG como subsidio para gestão do recurso hídrico superficial.**2005 87 f. Dissertação(Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, ,Uberlândia, 2005.

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu DF, usando técnicas de geoprocessamento:**Relatório técnico apresentado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos/SP. 2000. 33p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos/mariza.pdf>
Acesso em: 01 mar. 2008.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5-6, p. 37-42, 1991.

BAPTISTA ,G. M. M, **Diagnostico ambiental da perda laminar de solos, no Distrito Federal, por meio do geoprocessamento.**1997.112 f.Dissertação(Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil,Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

BAPTISTA, G. M. M, **Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar:** modelo geotecnológico e aplicação. Brasilia: Universa, 2003.140 p.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo.** 1984. 190 f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

BATALHA, R. M. P. **Expectativa de risco de degradação do recursos hídricos na bacia do rio Jundiá Mirim.**2006.102 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BENGTSON, R. L.; SABBAGH, G. USLE P factors for subsurface drainage on low slopes in a hot, humid climate. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 45, n. 4, p. 480-482, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. Campinas: Ícone,1999. 355 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRANDÃO, D. **Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do ribeirão Pinhal–Limeira (SP):** uma proposta metodológica. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001. Disponível em: <<http://libdigi.inicamp.br/document/?down=&vtls000235348>>. Acesso em: 08 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL:** levantamento de recursos naturais. Folha SE 22 Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Projeto RADAMBRASIL, 31).

CALIJURI, M. L.; MEIRA, A. D.; PRUSKI, F. F. Geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Lavras: UFLA, SBEA, 1998. p. 200-225.

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG.** 2008. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

CANIL, K.; MADUREIRA, S. R. D. I.; RIDENTE, J. L. J.; IWASA, O. Y. Áreas de risco potencial de erosão das bacias dos córregos do limoeiro e do cedro (Municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE EROSÃO, 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ABGE, 1998. p. 76-77.

CARVALHO, K. S. **Monitoramento e caracterização hidrossedimentométrica de uma pequena bacia hidrográfica PERIURBANA**. 2003.160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –, Centro de Tecnologia Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/iurh/DissertacaomestradoKerllen/Kerllen.pdf>> Acesso em: 10 jan.2007.

CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 419-426, 1997.

CHAVES, H. M. L. **Estimativa da erosão atual e potencial no vale do São Francisco**: relatório final de consultoria. Brasília: CODEVASF/FAO, 1994.35 p.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; SANTOS, M. V.; SAMPAIO, C. M.; MOTA, I. S. A. Evolução de erosão do solo no Distrito Federal no período de 1953 a 1991. VIII SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 80, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996. p. 99-101. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/Deise/1999/02.22.17.15/doc/T91.pdf> Acesso em: 03 mar. 2006

COMSETRAN- Comitê de Seguranças no Trânsito em Uberaba. **Projeto Redescobrimdo o Rio Uberaba**. Disponível em: <<http://comsetran.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2005

COLODRO, G.; CARVALHO, M. P. ; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodora Sampaio (SP). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 809-818, 2002.

CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 3a. aproximação. Rio de Janeiro , 1988. 105 p.

EMBRAPA/EPAMIG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EPAMIG – DRNR, 1982. 526 p. (Boletim de Pesquisa, 1).

FABIAN, A. J. & TORRES, J. L.R. Caracterização da paisagem para planejamento conservacionista em microbacia hidrográfica de Uberaba-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** p. 35-36.

FARINASSO, M. **Avaliação qualitativa do potencial erosivo em grandes áreas por meio da EUPS-Equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias de sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-PI - MA.** 2005.105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - , Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

FERREIRA JUNIOR, P. D.; GOMES, N. S. Petrografia e diagenese da formação Uberaba, cretáceo superior da bacia do paraná no triangulo mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29.n. 2.p. 163-172, 1999. Disponível em: < http://www.sbggeo.org.br/rgb/vol29_down/2902/2902163.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2006

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K.G. ; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil Water and Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-9, 1981.

GALETI, P. A. **Conservação do solo**: reflorestamento e clima.Campinas, Instituto Campineiro de ensino agrícola, 257p. 1982.

GALERANI, C.; RAMOS, C. L.; CHAVES, E.; GENZ, F.; BIDONE, F.; Controle da Erosão Urbana. In: TUCCI, C.E.M. PORTO, R.L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, UFRGS, 1995. p. 349-387

GRAVINA, E.G.; KAFINO, C.V.; BROD, J.A.; BOAVENTURA, G.R.; SANTOS, R.V., GUIMARÃES, E.M.; JOST, H. Proveniência de arenitos das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do garimpo do Bandeira: implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32.p, n. 4, p. 545-558, 2002.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico e geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 448 p.

GUERRA, A. J. T. Início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

IIBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em : <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp>>. Acesso em : 03 fev. 2008

LAGROTTI, C. A. A. **Planejamento agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP**: estudo de caso na microbacia hidrográfica do Córrego do Jardim. 2000.133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. Disponível em: <<http://lbdigi.unicamp.br/document/?down=vtls000240611>>. Acesso em: 14 mar. 2006.

LEPSCH, I.F.; BELINAZZI JR.,; R. BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R.; **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2. ed. Campinas. Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LOMBARDI NETO, E. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil**. 1977. 53 f. Thesis (MSc), Purdue University, West Lafayette, 1977.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-10072002-161200/publico/ronalton.pdf> . Acesso em: 16 jan. 2008.

MARIA, I. C.de; **Cálculo da erosividade da chuva.** In: LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de; DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R.; MARIAS, I.C.de. **Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo.** Campinas: IAC-SCS, 1994. não paginado.

MARQUES, J. J. G. S. M; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 677-684, 1998. Disponível em: <[http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/e4d4ca3ff88efcfa032564cd004ea083/8a51231c4bb5e7b7832566600071ce60/\\$FILE/pab10396.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/e4d4ca3ff88efcfa032564cd004ea083/8a51231c4bb5e7b7832566600071ce60/$FILE/pab10396.doc). Acesso em: 18 jan. 2008

MARTINS FILHO, M.V. **Apostila equação universal de perda de solos.** Jaboticabal: UNESP, 2004, 48 p.

MARTINS FILHO, M. V. **Software CAUSO V.2.1.** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 2007.

MEYER, L. D. ; McCUNE, D. L. Rainfall simulator for runoff plots. **Agricultural Engineering**, Saint Joseph, v.39, p. 644-648, 1958.

MORETI, D.; CARVALHO, M.P.; MANNIGEL, A.R.; MEDEIROS, L.R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 1, p.713-726, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a16v27n4.pdf>> Acesso em: 11 dez. 2007.

NASCIMENTO, M. A. **Bacia do rio João Leite**: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar. 1998.176 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Húlio Mesquita Filho, Rio Claro, 1998.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000**: aplicação no município de Uberlândia - MG., 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, F. P. de. **Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais Ordens de solos do Estado da Paraíba**. 2004. 92 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Agrônoma) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2.ed. Piracicaba:FEALQ, 2005. 574 p.

OLIVEIRA, E. C.; SANTOS, A. R.; CANDEIRO, C. R. Localidades fossilíferas do cretáceo superior da região do triângulo mineiro (Estado de Minas Gerais, Brasil). **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.18, n. 35, p.151-167, 2006. Disponível em: <<http://www.sociedadnatureza.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=117>> . Acesso em: 20 dez. 2007.

PRUSKI, F. F. AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M.A. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240 p.

RIBEIRO, D. T. P. Diagênese das rochas do membro serra da galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na Região de Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências.** v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/10531/7465>> . Acesso em: 11 jan. 2007

RIBEIRO, F. L. **Mapa de vulnerabilidade à erosão da região do Alto Rio Pardo – Pardinho (SP).** 2002. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2002.

ROLOFF, G. P. ; DENARDIN, J. E. . Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 146-147.

ROSA, R. O uso de sistema de informação geográfica para estimativa de perdas de solo por erosão laminar. In: SIMPOSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, 6. 1995, Goiânia. **Anais...** v. 2, p. 266-271.

SANTOS, L.; BACCARO, C. A. D. Caracterização geomorfológica da bacia do rio Tijuco. **Caminhos de Geografia,** Uberlândia, v. 11, n. 1, p. 1-22, 2004. Disponível em: http://www.ig.ufu.br/revista/volume11/artigo01_vol11.pdf . Acesso em: 10 jan. 2008.

SCOPEL, I; **Avaliação do risco de erosão através de técnicas de sensoriamento remoto e da equação universal de perdas de solo a nordeste de Cornélio Procópio (PR).**1988. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

SILVA, A. M.;SCHULZ, H. E;CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Rima, 2003. 138 p.

SILVA, A.L.; SILVA, E.C.; RESENDE, E.F.; PESSOA, E.J.; TORRES, J.L.R; FABIAN, A.F. Environmental diagnosis and socioeconomic of Stream Limo microbasin in Uberaba-MG In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND DEGRATION AND DESERTIFICATION, 2005, Uberlândia, **Anais...**Uberlândia-MG, 2005.

SILVA, M. L. N; FREITAS ,P. L.; BLANCANEUX ,P.; CURI ,N.;LIMA ,J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia(GO). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, n. 1, v. 21, p. 131-137, 1997.

STEIN, D. P., DONZELLI, P. L, GIMENEZ, A. F.,PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe – Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO,3., 1987, Marília. **Anais...**ABGE/DAEE, 1987. v.1, p. 105-135.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP).** 2001. 94 f.Thesis (MSc)– Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VENIZIANI JUNIOR, J. C. T. **Utilização de índice de vegetação para estimativa da proteção do solo pela cobertura vegetal**: uma contribuição para o uso da equação universal das perdas de solo. 2003.137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

TOMAZONI, J. C. ; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau.**Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro,v. 57,n. 3, 2005. Disponível em:<http://www.rbc.ufrj.br/_2005/57_3_07.htm> Acesso em:05 maio. 2008.

VILELA, S. M.,MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo:McGraw Hill do Brasil,1975. 245 p.

WISCHMEIER, W. ; MAMMERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 33,n. 1, p. 131-137, 1969.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

WISCHMEIER, W. H. E SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

WISCHMEIER, W. H.,JOHNSON, C. B. E CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil Water and Conservation**, Ankeny, v.26, p.189-193, 1971.

CAPÍTULO 4 - DIAGNÓSTICO DE CONFLITO AMBIENTAL E CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO UBERABA.

RESUMO – A crescente expansão das atividades agropecuárias, sem considerar as potencialidades e limitações quando ao uso das terras, constitui fonte potencial de degradação do meio ambiente. Este trabalho objetivou avaliar padrões morfométricos de microbacias hidrográficas de 1ª a 5ª ordem de magnitude, como indicadores na diferenciação das principais classes de solos para a bacia hidrográfica do rio Uberaba e região, detectando-se as limitações quanto ao uso potencial do solo, segundo a metodologia do coeficiente de rugosidade (RN), que aliado ao mapeamento do uso atual permitiu identificar áreas de conflito quanto ao uso e ocupação, propondo ações mitigadoras para os impactos sobre o meio ambiente. Utilizou-se de técnicas de geoprocessamento, sendo a integração de informações realizada no Sistema de Informações Geográficas IDRISI versão 32, aliada ao uso cartas digitais e analógicas do IBGE, escala 1:100.000 e de imagens de satélite do “CBERS 2”, onde foram traçadas as redes de drenagem e delimitadas respectivamente as microbacias. Na avaliação da classificação do uso potencial do solo, constatou-se que 47,12% das microbacias apresentam-se apropriadas para a prática agrícola, enquanto 36,37% para pecuária, 11,86% indicado para pecuária/reflorestamento e 1,40% para reflorestamento. De toda área da bacia, 17,07% encontra-se em conflito quanto ao uso e ocupação, necessitando de adequações quanto ao manejo e conservação dos solos. Os parâmetros morfométricos, índice de circularidade (IC) e coeficiente de compacidade (kc), declividade média, coeficiente RN e densidade de drenagem (Dd), mostraram-se relevantes como indicadores na diferenciação de classes entre Argissolos e Latossolos.

Palavras Chaves: uso potencial, coeficiente RN, impacto ambiental

I – INTRODUÇÃO

Dentre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as freqüentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Nas zonas rurais, o manejo inadequado do solo, sem a observância dos limites e riscos de degradação ambiental, tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados (GUERRA & CUNHA, 1996).

Os processos naturais, como formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificação do regime hidrológico e da cobertura vegetal, entre outros, ocorrem nos ambientes naturais, mesmo sem a intervenção humana. Contudo, quando o homem desmata, planta, constrói, transformando o ambiente, os processos ditos como ambientais, tendem a ocorrer com intensidade muito mais violenta, gerando normalmente conseqüências desastrosas ao ambiente e sociedade, gerando muitas vezes, prejuízos materiais e perdas humanas.

Para diagnóstico e avaliação da degradação ambiental gerada, tem-se utilizado a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, para o uso e exploração dos recursos naturais (PISSARRA, 1998, PISSARRA et al., 2004).

ROCHA & KURTZ (2001) afirmam que é aconselhável começar a recuperação do ambiente à partir da adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento. A sua adoção como unidade de gestão e planejamento tem sido uma tendência mundial que vem ganhando força no Brasil, após a regulamentação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei nº 9433, de 1997).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de intervenção, se constitui numa opção que visa garantir o sucesso dos empreendimentos conjuntamente com a melhoria das condições ambientais (POLITANO et al., 1988).

A bacia hidrográfica se constitui, portanto, em uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. Para tanto, o termo “bacias hidrográficas” vem sendo freqüentemente empregado em pesquisas relacionadas com o manejo e conservação do solo e da

água, em áreas agrícolas e florestais, sendo fundamental, neste contexto, a relação solo-clima-vegetação (PISSARRA, 2002).

Segundo FREITAS & KER (1996), a representatividade de uma microbacia hidrográfica está diretamente relacionada às características sócioeconômicas e fisiográficas da região, sendo estas fundamentais na escolha de microbacias, com vistas ao desenvolvimento de pesquisas em uma região.

Definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, a bacia hidrográfica é composta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001). A quantidade de água que atinge os cursos d'água depende do tamanho da mesma, da precipitação total e de seu regime e das perdas devido à evaporação, à transpiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980). Assim sendo, o conceito de bacia hidrográfica está associado a uma compartimentação geográfica delimitada por divisores de água, que encaminha o escoamento superficial resultante para um sistema fluvial (curso d'água). O divisor segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída, unindo os pontos de máxima cota entre bacias (VILELA & MATOS, 1975).

Os cursos d'água, de acordo com VILLELA & MATTOS (1975), podem ser classificados em três tipos: a) perenes: cursos d'água que contém água durante todo o tempo, sendo que o lençol freático mantém uma alimentação contínua e não desce nunca abaixo do leito do curso d'água; b) intermitentes: estes cursos d'água, em geral, escoam durante as estações de chuvas e secam nas de estiagem; c) efêmeros: estes cursos d'água existem apenas ou imediatamente após os períodos de precipitação e só transportam escoamento superficial.

O papel hidrológico da bacia hidrográfica segundo TUCCI (2002), é de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação), em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo. Desta forma, tal evento é efetivamente influenciado pelas características físicas das bacias que

compreendem a sua área de drenagem, forma, sistema de drenagem e características do relevo.

As características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica como a rede de drenagem, forma, área, relevo e solos aliado ao tipo de cobertura vegetal influenciam o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (LIMA, 1986). Por possuírem papel integrador, na busca da compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pela ação antrópica, possibilitam relevantes contribuições ao diagnóstico da degradação ambiental (GUERRA & CUNHA, 1996). Assim sendo, as características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, tanto a infiltração da água quanto o escoamento superficial.

A análise morfométrica, que compreende o levantamento de índices numéricos que classificam as redes de drenagem, pode contribuir para estudos de erosão, tendo em vista que a respectiva análise possibilita avaliar o grau de energia e a susceptibilidade de ocorrência dos processos erosivos (MOREIRA & PIRES NETO, 1998) citado por COSTA (2005). Deste modo, as características morfométricas do padrão de drenagem refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre, determinando diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por HORTON (1945), STRAHLER (1957) e FRANÇA (1968).

PISSARRA (2002) após análise morfométrica realizada em microbacias de 2^o ordem, na bacia hidrográfica do Córrego rico, Jaboticabal-SP, detectou padrões diferenciados quanto às características dimensionais da composição de rede, do padrão de drenagem e do relevo nas unidades de solo Argissolos e Latossolos.

AMARAL (1991) após análise morfométrica da rede de drenagem e do relevo em bacias hidrográficas de 3^a ordem de magnitude, quanto à distribuição espacial das unidades de solos ocorrentes nos municípios de Jaboticabal e Taiúva (SP), observou que as variáveis dimensionais maior comprimento, maior largura, comprimento do rio, perímetro e área, quando consideradas individualmente, foram sensíveis para

diferenciar Latossolos de Argissolos. Na análise multivariada, as variáveis que mais contribuíram para os agrupamentos das bacias hidrográficas foram: densidade de drenagem, área, perímetro, razão de textura, comprimento do rio principal e frequência de rios.

CARDOSO (1994) verificou a consistência de agrupamentos em bacias hidrográficas em diferentes unidades de solos por variáveis do relevo, do padrão de drenagem e composição das redes de drenagem.

SILVA (1993) utilizou os padrões de drenagem na caracterização de solos oriundos de rochas eruptivas no Estado do Paraná e dois solos no Estado de São Paulo, verificaram que as variáveis morfométricas são parâmetros que se mostraram eficientes na distinção entre unidades de solos.

CARVALHO et al. (1992) analisaram a formação da bacia de drenagem em função do relevo, em duas unidades de mapeamento Latossolo Vermelho Amarelo (LV) e LV + Solos Litólicos (LV+R) ocorrentes no Parque Estadual da Serra do Mar (SP), concluíram que as bacias hidrográficas com predominância de LV apresentaram menor relação de material erodido e relevo mais estável.

Dentre os impactos gerados pelo material erodido, destacam-se o assoreamento e a depreciação da qualidade da água de mananciais, que comprometem a vida útil de reservatórios de abastecimento de água. Neste contexto, SOUZA & CALIJURI (1995) avaliando as vertentes da bacia hidrográfica de Serra Azul, região metropolitana de Belo Horizonte, MG, avaliaram a degradação da ambiental a partir do conhecimento do meio físico. A área foi mapeada e, através da análise ambiental, foi possível recomendar medidas conservacionistas que minimizem o carreamento de sólidos na bacia hidrográfica em questão.

As características do padrão de drenagem repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada unidade do solo. Em locais onde a infiltração é mais dificultada, ocorre maior escoamento superficial, sendo possível maior esculturação da rede hidrográfica, tendo como consequência uma densidade de drenagem mais alta (PISSARRA et al., 2004). A forma da rede de drenagem é um produto da complexa relação entre causa e efeito, considerando-se a causa como a erosão e o efeito a

drenagem, refletindo influências de inúmeras variáveis, tais como o clima e a constituição física e química do solo (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1969).

A drenagem das águas na bacia hidrográfica encontra-se íntima e especialmente relacionada, como fator analítico, correlacionado à erosão, sendo que os índices e padrões morfométricos analisados, possibilitam compreender melhor a dinâmica do escoamento das águas superficiais, principal agente erosivo da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1970).

Na caracterização de uma bacia hidrográfica que vise identificar os fatores que influenciam as formas de relevo e necessário o emprego de metodologias quantitativas de análise (ALVES & CASTRO, 2003). Assim sendo, emprega-se a morfometria como análise quantitativa mediante o uso dos parâmetros calculado, tais como: coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, declividades, comprimento de cursos d'água, coeficiente de rugosidade, dentre outros (ALVES & CASTRO, 2003; POLITANO & PISSARRA, 2003; PISSARRA et al., 2004).

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo coeficiente de rugosidade (RN), obtido do produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia (PISSARRA et al., 2004; ROCHA, 1977; GIOTTO et al., 1992; MELLO FILHO & ROCHA, 1992).

O movimento da água em uma bacia hidrográfica depende principalmente das características morfométricas da mesma, por isso, seu conhecimento é fundamental no estabelecimento de estratégias de manejo (SOARES, 2000).

O conhecimento do uso da terra é cada vez mais importante para uma nação solucionar os problemas decorrentes do hábito do desenvolvimento ao acaso, de maneira incontrolada, provocando assim a deterioração ambiental, destruição dos solos e de terras agricultáveis e a perda do habitat da fauna silvestre (ROCHA, 1997 citado por SANTOS, 2004). Ainda o mesmo autor, relata que o levantamento do uso do solo é uma etapa indispensável para o planejamento físico rural de uma região, pois é um dos melhores indicativos das propriedades do solo.

A avaliação ambiental em bacias hidrográficas possibilita compreender e mensurar o meio, segundo as relações mantidas entre seus elementos e aspectos físicos, bióticos, econômicos, sociais e culturais; capacitando pessoas, por intermédio dos conhecimentos adquiridos e dominados, para a adoção de práticas conservacionistas na região (PISSARRA, 2002) A avaliação possibilita a identificação das potencialidades de uso e não uso, de ocupação, suas vulnerabilidades e desempenho de futuro estimado, otimizando decisões ligadas a preservação, conservação e desenvolvimento sustentável (MACEDO, 1991).

MORAIS (1997) afirma que o conhecimento do uso atual da terra é um pré-requisito importante para o planejamento integral de uma bacia hidrográfica.

MELO FILHO (1992) afirma que os conflitos de uso da terra podem acontecer em duas situações; quando o tipo de uso da terra contraria a recomendação elaborada a partir do coeficiente de rugosidade (RN), ou quando o uso da terra subestime o potencial da terra, com baixa produtividade, por técnicas inadequadas ou condenadas. O coeficiente de rugosidade direciona a atividade de agricultura, pecuária ou florestamento ou, ainda, preservação florestal de acordo com o uso potencial da terra (BARACUHY et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi determinar e avaliar padrões morfométricos de microbacias hidrográficas de 1^a a 5^a ordem de magnitude, como indicadores na diferenciação das classes de solos (Latosolos e Argissolos) para a bacia hidrográfica do rio Uberaba e região, detectando-se o uso potencial do solo, segundo a metodologia do coeficiente de rugosidade (RN), identificando áreas de conflito quanto ao uso e ocupação.

1.1. – Descrição das variáveis morfométricas.

Existem inúmeros parâmetros já estudados que definem os tipos de redes, padrões ou sistemas de drenagem, os quais caracterizam as bacias hidrográficas.

ROCHA & KURTZ (2001) afirmam que os parâmetros que mais se relacionam com a deterioração ambiental são os comprimentos das ravinas, densidade de drenagem, índice de circularidade, índice de forma, declividade média e coeficiente de rugosidade (**Ruggdeness Number- RN**).

Analisar as bacias de drenagem de maneira isolada ou integrando um conjunto que constitui uma região diferenciada é de relevante importância para a geomorfologia, pois as bacias de drenagem são modeladas pela erosão fluvial. Ou seja, as bacias hidrográficas como unidades convenientes de análise têm-se tornando objetos de investigação geomorfológica, pois se relacionam com a evolução da paisagem como um todo (GARBOSSA, 2003).

1.1.1. Variáveis Morfológicas (correlacionadas com a geometria da bacia)

1.1.1.1. Área e Perímetro da sub-bacia

Conceituada como toda a área drenada pelo conjunto fluvial, projetada em um plano horizontal (CHRISTOFOLETTI, 1980). Classificada como parâmetro básico para cálculo de outras variáveis morfométricas, é delimitada a partir dos divisores de água da bacia, é expressa geralmente em Km².

OLIVEIRA (1994) citado por COSTA (2005) relata que em estudos de bacias hidrográficas na região leste e central dos Estados Unidos, detectou-se uma relação inversa da capacidade de produção de sedimentos com a área, ou seja, bacias menores produzem mais sedimentos.

De acordo com TONELLO et al. (2006), a área de drenagem de uma bacia hidrográfica tem influência sobre o volume produzido com o deflúvio superficial. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de

drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio.

1.1.1.2. Índice de circularidade (IC)

O índice de circularidade apresentado por MILLER (1953) citado por ROCHA & KURTZ, (2001), é uma variável morfométrica onde quanto maior for o valor de (IC) (verificado na comparação entre sub-bacias), mais próxima estará a mesma da forma circular, sendo maior o perigo de enchente (maior concentração de água no tributário principal). Para se calcular o (IC) , utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (1)$$

Em que, IC é o índice de circularidade, A a área de drenagem (m²) e P o perímetro (m).

Segundo ALVES & CASTRO (2003) valores do índice de circularidade (IC) acima de 0,51 revela que a bacia tem tendência circular favorecendo os processos inundação (cheias rápidas). Porém, se o valor (IC) for igual a 0,51, nos mostra que o escoamento é moderado havendo pequena probabilidade de cheias. Contudo, os mesmos autores nos mostram que para valores de (IC) menores que 0,51, a bacia é mais alongada favorecendo desta forma o escoamento.

1.1.1.3. – Índice de sinuosidade do curso d'água (Si)

A sinuosidade do curso d'água (*Si*) é a relação do comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do fundo do seu leito. É um fator controlador da velocidade de fluxo, pois quanto maior a

sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu caminho à foz, portanto menor a velocidade.

Segundo VILELA & MATTOS (1975) o índice de sinuosidade descreve o grau de tortuosidade dos cursos d'água, sendo um fator controlador da velocidade de escoamento das águas.

Para ALVES & CASTRO (2003) valores de índice de sinuosidade (SI) iguais a um, revelam que o canal de drenagem tende a ser retilíneo. Contudo, caso (SI) seja superior a 2, canais tortuosos; sendo que valores intermediários indicam formas transicionais. A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pelo declive dos canais.

1.1.1.4. Coeficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da bacia de drenagem. De acordo com VILLELA & MATTOS (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for à bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, possuindo alta propensão a enchentes e, para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior à unidade, indicando menor propensão a enchentes, sendo que valores superiores a 1,47 caracterizam bacias não sujeitas a enchente. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. O Kc é determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Em que, Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro (m) e A = área de drenagem (m²).

1.1.1.5. O Fator de forma (Kf)

O fator de forma (kf) é a relação entre a largura média e o comprimento do eixo (ou axial) da bacia. Esse comprimento é medido da foz ao ponto mais distante da bacia. Obtém-se a largura média dividindo-se a área pelo comprimento do eixo. Para bacias com largura maior que o comprimento, este valor pode ser superior à unidade. O fator de forma indica maior ou menor tendência a enchentes, pois em uma bacia com fator de forma baixo há uma possibilidade menor de uma chuva intensa cobrir toda a sua extensão do que em uma bacia com mesma área e fator de forma maior (VILELLA & MATTOS, 1975). Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão. Na análise de bacias hidrográficas, valores de Kf inferiores a 0,439 indicam a não sujeição a enchentes (VILELLA & MATTOS, 1975). Segundo SILVA & MELO (2006), a bacia hidrográfica com valor de Kf menor que 0,5 tende a não ter tendência a enchentes, e valor abaixo de 0,75 indica maior tendência a enchentes. COSTA (2005) afirmou que maiores valores de kf, determinam maiores vazões de enchentes, sendo tais bacias mais sujeitas aos fenômenos erosivos.

O fator de forma (Kf) é determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Em que, Kf = fator de forma; A = área de drenagem (m²) , e L o comprimento do eixo da bacia (m).

1.1.1.6. Maior comprimento e largura

Maior comprimento (C): representa a linha reta que une a foz até o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, seguindo a direção aproximada do vale principal. A sua

medida foi efetuada com auxílio de escalímetro e foi expressa em quilômetro (km) (SCHUM, 1956);

Maior Largura (L): maior dimensão linear que a bacia apresenta num eixo transversal ao vale por ela formado. Foi medida transversalmente ao maior comprimento, com auxílio de um escalímetro, sendo expressa em quilômetro (km) (STRAHLER, 1958).

1.1.2. Variáveis relativas à composição da rede de drenagem e relevo

1.1.2.1. Ordem dos cursos d'água

A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por HORTON (1945) e STRAHLER (1957). Segundo STRAHLER, os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

Em uma bacia, cada segmento de determinada ordem é responsável pela drenagem de uma área. No caso de bacias de segunda, terceira e quarta ordem, e assim sucessivamente, a área drenada por elas abrange também a área de todos os segmentos de ordem menores que lhe são subsidiárias. Dessa forma, cada segmento de ordem superior drena uma área cada vez maior à medida que aumenta a ordem dos canais. Assim sendo, identificando-se as quantidades de bacias para cada ordem, pode-se calcular a área média das bacias de determinada ordem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

1.1.2.2. Densidade de drenagem (Dd)

CHRISTOFOLETTI (1980) define a densidade de drenagem como sendo a razão entre o comprimento total do sistema de drenagem com a área da bacia hidrográfica.

O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários. Seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, indicando o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia.

A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial (VILELLA & MATTOS, 1975), pois uma baixa densidade de drenagem significa uma maior superfície de contribuição, fazendo com que o deflúvio demore mais para atingir os rios (GARCEZ, 1974).

O índice foi determinado utilizando a equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Em que, Dd = a densidade de drenagem (km.km⁻²); Lt = comprimento total de todos os canais (km) e A = a área de drenagem (km²).

ROCHA & KURTZ (2001) afirmam que na comparação entre duas ou mais sub-bacias, sendo o valor da Dd conceituado como “pequeno”, ocorre o predomínio da existência de rochas resistentes, ou solo muito permeável, ou cobertura vegetal densa, ou relevo suave, sendo possível à concomitância dos mesmos. Contudo, para Dd classificada como “grande” deve-se associá-la à presença de rochas pouco resistentes, ou solo impermeável, ou pequena cobertura vegetal, ou relevo acidentado, sendo possível à concomitância dos mesmos.

BAUER (1980) descreve a estreita relação existente entre a densidade de drenagem e a produção de sedimentos pelas bacias hidrográficas.

A idéia de usar a densidade de drenagem para explicar a dinâmica da água na bacia hidrográfica foi freqüentemente expressa na literatura, e conclui-se que para

algumas bacias pequenas uma densidade de drenagem mais alta pode ser comparada com taxas de sedimentos também mais elevadas (GARBOSSA, 2003).

Segundo VILELLA & MATTOS (1975) o índice da Dd varia de 0,5 km.km⁻², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

Para ALVES & CASTRO (2003) a variável Dd se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e transporte de material detrítico.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1983) nas rochas e regolitos em que a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades para a esculturação de canais permanentes e conseqüentemente uma densidade de drenagem mais elevada.

Segundo HORTON (1945), as bacias de menor tamanho e de grau hierárquico de ordem menor, apresentam valores de Dd mais elevados. Isto ocorre, pois os segmentos de ordens inferiores localizam-se nos regiões mais elevadas dos cursos d'água, onde a declividade é mais acentuada (CHRISTOFOLETTI, 1980). Nesse caso, conforme aumenta a área da bacia e a ordem da rede de drenagem, incorporam-se áreas topograficamente mais suaves dando, origem a espaços com densidades de drenagem baixa.

Fatores como o clima, topografia e vegetação podem influenciar na densidade de drenagem de uma bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

1.1.2.3. Declividade média

A magnitude dos picos de enchente e infiltração de água, trazendo, como conseqüência, maior ou menor grau de erosão, dependem da declividade média da sub-bacia (que determina maior ou menor velocidade de escoamento da água

superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (ROCHA & KURTZ, 2001).

A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando portanto o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias (VILELLA & MATOS, 1975).

A declividade média da sub-bacia é dada por:

$$H = \frac{\sum LCN \cdot \Delta h}{A} \cdot 100 \quad (5)$$

Em que, H = declividade média (%), $\sum LCN$ = somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível na sub-bacia mapeada (m), A = área da sub-bacia (m²) e Δh = equidistância das curvas de nível (m).

1.1.2.4. Comprimento de rampa médio do escoamento superficial (Cr).

O comprimento de rampa (Cr) influi diretamente na perda de solo, pois rampas muito extensas podem gerar escoamentos superficiais com grandes velocidades. Este índice é definido como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d água de uma bacia (VILLELA & MATTOS ,1975). A importância deste parâmetro está no cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica (SILVA & MELO (2006)). Calcula-se o comprimento de rampa a partir do método do retângulo equivalente, usado para estimar o índice de extensão média do escoamento sobre os solos apresentada pela seguinte expressão:

$$Cr = \frac{1}{4.Dd} \quad (6)$$

Em que, Cr é obtido em km e a densidade de drenagem (Dd) em km.km^{-2} .

1.1.2.5. Coeficiente de rugosidade (RN)

O Coeficiente de Rugosidade (Ruggdeness Number – RN) segundo ROCHA & KURTZ (2001), determinado pelo produto entre a densidade de drenagem e a declividade média (DME): $RN = Dd \cdot DME$. DME é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando áreas de conflito, quanto às suas características, para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou para preservação permanente. Desta forma, quanto maior for o valor do RN entre sub-bacias, maior o perigo de erosão, estabelecendo quatro classes de coeficientes, segundo Tabela 1. O coeficiente RN pode ser expresso pela equação :

$$RN = Dd \cdot DME \quad (7)$$

Em que, Dd = Densidade de drenagem (km. km^{-2}); DME = Declividade média da microbacia (%).

Tabela 1 – Classe de uso da terra de acordo com ROCHA & KURTZ, 2001.

| Classe de Uso da Terra | |
|------------------------|--|
| A | Terras apropriadas à agricultura |
| B | Terras apropriadas à pecuária |
| C | Terras apropriadas à pecuária e ao reflorestamento |
| D | Terras apropriadas às florestas e ao reflorestamento |

Segundo MELLO FILHO (1992), os conflitos de uso da terra podem acontecer em duas situações: quando o tipo de uso da terra contraria a destinação recomendada a partir do coeficiente de rugosidade (RN), ou quando o uso da terra subestime o potencial da terra, com baixa produtividade e ou por técnicas inadequadas. Assim, o uso do coeficiente de rugosidade orienta a atividade a ser desenvolvida de acordo com o uso potencial da terra. Deste modo, PEREIRA FILHO (1986) afirma que a capacidade de uso da terra e RN se equivale em quase a totalidade dos casos e, propôs que se substitua a capacidade de uso da terra pelo coeficiente RN, que é um método mais rápido e preciso na determinação do uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas.

BARACUHY et al. (2003) com base no coeficiente de rugosidade, elaboraram um diagnóstico físico-conservacionista na bacia hidrográfica do rio Paus Brancos, em Campina Grande. PB. Os autores concluíram que o grau de deterioração na bacia foi alto (34,9%), contribuindo para este valor a pequena cobertura vegetal.

A reversão do processo de degradação não é simples, mas não é impossível, requerendo, em primeira instância, maior comprometimento dos agricultores e da consciência político-ambiental. Entretanto, as práticas conservacionistas devem ser implantadas de forma integrada e introduzidas em bacias hidrográficas para reduzir os impactos ambientais, atingindo melhores efeitos na diminuição da degradação (PISSARRA, 2002).

1.2. O Uso de sistemas de informações geográficas (SIGs)

Os SIGs se constituem em sistemas e processos de análise que automatizam tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de análises complexas, através da integração de dados geocodificados, relacionando fenômenos da realidade com sua localização espacial (FELGUEIRAS , 1987;TEIXEIRA et al., 1992).

O SIG tem como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar, analisar e efetuar tratamentos de dados espaciais, possibilitando as tomadas de decisões, favorecendo atividades de gerenciamento, manutenção, operação e planejamento, além de disponibilizar a edição de mapas, textos e gráficos (MARBLE & PEUQUET, 1983; TEIXEIRA et. al., 1992).

A utilização de do SIG tornou-se uma importante ferramenta de pesquisa com varias aplicações nas diversas áreas do conhecimento, sendo um instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Capaz de resolver os problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informações, sua metodologia de utilização pode ser dividida em cinco partes básicas, que são: coleta de informações, digitalização, edição, geração das imagens e análise espaciais.

Segundo SANTOS (2000) o SIG é um instrumento capaz de resolver os problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informação ligados a novas formas de manejo ambiental.

O uso de técnicas de geoprocessamento, em que se incluem o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG), constitui-se numa ferramenta de alto potencial para integração e análise de diferentes componentes de um sistema ambiental, permitindo a elaboração de zoneamentos e propostas de manejo específicos, com base no cruzamento de diferentes planos de informação espacial (TAVARES et al., 2003).

1.3. Conflitos quanto ao uso potencial do solo e a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

A exploração dos recursos naturais é conceituada como um processo de apropriação ambiental, onde demanda diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos ambientais, tanto para se evitar a degradação dos ambientes a

serem explorados, quanto para minimizar as degradações já ocorridas, proporcionando subsídios técnicos para o planejamento das ações mitigadoras.

Segundo ROCHA & KURTZ, (2001), os conflitos de uso da terra figuram entre os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamentos de rios e de barragens.

A Constituição Federal de 1988 determina que compete aos Estados e à União legislar sobre a conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição. Estabelece que, praticamente, todas as águas, passam a ser de domínio da União, dos Estados e do Distrito Federal.

Sendo a água um bem público de uso comum, é caracterizado como bem econômico pela sua escassez em relação à demanda, e só é possível atribuir um preço ao seu uso pela interação da oferta e disponibilidade dos mananciais.

A cobrança do uso da água no Brasil é inspirada no modelo Francês, implantado na década de 70, onde no Brasil a partir da Lei nº 9.433/97, referente à Política Nacional de Recursos Hídricos deliberou-se a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, Agências de Águas.

Estas Agências têm por missão facilitar as diversas ações de interesse comum à bacia, assegurando o equilíbrio dos recursos e das diferentes necessidades de água, atingindo os objetivos de qualidade fixados pelos regulamentos. Os recursos das Agências estão fundamentados na aplicação do princípio do potencial "poluidor-pagador", propiciando a elaboração de taxas sobre extração e despejo de todos os usuários, que afetem a qualidade das águas ou modificam seu regime. Os índices aplicados no cálculo das taxas são fixados para cada Agência, com a supervisão do Comitê de Bacia Hidrográfica.

Segundo THAME (2000) citado por CARVALHO et al (2005) o objetivo maior da cobrança pelo uso é o "de assegurar que a água seja controlada e utilizada em padrões de qualidade e na quantidade adequada, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras." Afirma ainda, que a instituição da cobrança deve primordialmente alterar o comportamento dos usuários, pelo uso racional e não somente, a visão imediatista, de arrecadar para reverter a degradação existente.

Para a execução da cobrança pelo uso da água, deve-se identificar os diversos usuários da bacia a ser objeto da cobrança, utilizar critérios diferenciados para cada um deles, escolher o modelo de apuração do valor a ser cobrado, introduzir taxa diferenciada por tipo de usuário, cobrar todo nível de emissão, propor descontos para investimentos no sentido de baixar o nível de poluição; estimar impactos no uso (CARVALHO et al., 2005). Desta forma, a caracterização dos conflitos, analisados a partir da metodologia do coeficiente de rugosidade (RN) (ROCHA & KURTZ, 2001), quanto ao uso potencial do solo na bacia, é tido como um parâmetro construtor de critérios diferenciados quanto ao potencial poluidor pagador, servindo como componente essencial a decisão dos valores a serem cobrados de forma individualizada , pelo uso da água na bacia.

II – MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

2.1.1. Área de estudo

A bacia do rio Uberaba, possuindo uma área aproximada de 2419 Km², está situada entre os paralelos 19° 30' 37" e 20° 07' 40" de latitude sul e os meridianos de 47° 39' 02" e 48° 34' 34" a oeste de Greenwich. Abrange grande parte dos municípios de Uberaba, Veríssimo e Conceição das Alagoas, Campo Florido e parte de Planura, destacando-se por sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas.

Conceituado como um dos mais importantes pólos econômicos do triangulo mineiro, o município de Uberaba possui cerca de 260 mil habitantes (IBGE, 2000).

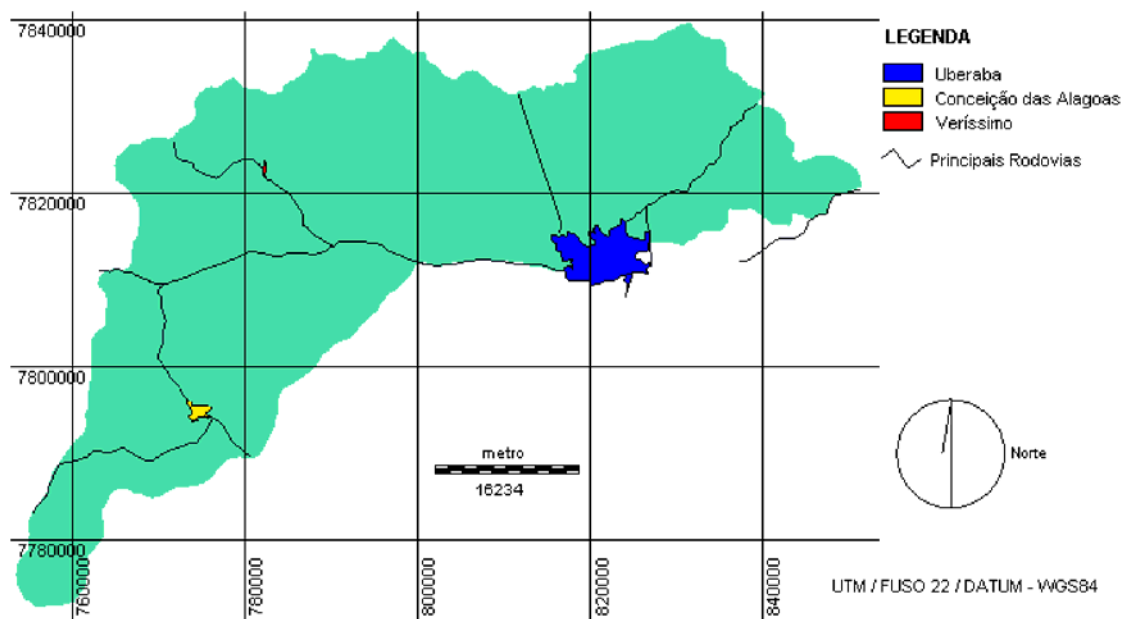


Figura 1. Localização dos principais municípios da bacia do rio Uberaba



Figura 2. Bacia hidrográfica do rio Uberaba Localização no Triângulo Mineiro, MG.

2.1.2. Clima Regional

Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, classificado como frio e seco e o de verão, como quente e chuvoso. Quanto ao regime pluviométrico a região caracteriza-se por um regime chuvoso de outubro a abril, sendo a estação seca de maio a setembro e os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos.

A bacia do rio Uberaba apresenta segundo classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido com 4 a 5 meses secos. A umidade relativa do ar média oscila entre 70 e 75 % sendo seus valores máximos verificados no mês de dezembro (81%) e mínimos no mês de agosto (52%) (CRUZ, 2003).

A Temperatura média anual varia entre 20 a 24°C, sendo que os meses mais quentes do ano são Outubro e Fevereiro, com temperaturas variando entre 21 e 25°C e Julho o mês mais frio, com temperaturas variando de 16°C a 18°C (INMET/EPAMIG, 2000).

2.1.3 – Geologia e Geomorfologia

Segundo BACCARO (1990) citado por SANTOS & BACCARO (2004), no Triângulo Mineiro existe uma diversificação de compartimentos geomorfológicos que são herança das ações morfogenéticas do Terciário e Quaternário, presentes nos topos aplainados, nas camadas lateríticas, nos solos hidromórficos, nas lagoas e rampas côncavas coluviais. As variações climáticas deste período demonstraram que houve uma alternância de um clima úmido e um clima seco, que favoreceu o rebaixamento generalizado do relevo, constituindo as formas denominadas mesas e tabuleiros. Tais variações climática podem ser observadas nas feições morfológicas das encostas e dos vales fluviais devido a elaboração de padrões distintos de cabeceiras de drenagem em anfiteatros e diferentes níveis de sedimentação. AB'SABER (1982) citado por SANTOS & BACCARO (2004) destaca que os níveis de terraços, que são verdadeiras planícies

aluvionares suspensas e retrabalhadas pelo rio e seus afluentes, através de ligeiras fases de erosão e deposição fluvial, podem ser tomadas como testemunhos dessas variações climáticas e hidrológicas ocorridas nas derradeiras épocas do Quaternário.

Na bacia do rio Uberaba são identificados vários níveis de terraços em extensas áreas do curso, correlacionados com soleiras rochosas do basalto que aparecem sustentando a erosão e a respectiva deposição desses materiais.

Geologicamente a bacia do rio Uberaba está inserida na unidade do planalto do Brasil Central, em bacia sedimentar geotectônica denominada Bacia Sedimentar do Paraná. A área de estudo situa-se na porção norte/nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando estratigraficamente rochas do Grupo São Bento (basaltos da Formação Serra Geral) sobreposto pelos arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (arenitos de Formação Uberaba e Formação Marília), com boa parte da área coberta com sedimentos cenozóicos (sedimentos aluviais recentes).

NISHYIAMA (1998) baseado na geologia da região, conclui que os solos arenosos podem se originar da Formação Uberaba e Marília enquanto o solo argiloso da Formação Serra Geral.

2.1.3.1-Formação Uberaba.

A formação de Uberaba resultou de uma retomada de ciclo de erosão no oeste mineiro após vulcanismo do Cretáceo e restringe-se a esta área, aparecendo em faixa que se estende da região de Sacramento, passando por Uberaba, até Veríssimo e Patrocínio.

Está constituída por rochas epiclásticas (vulcanoclásticas), onde os sedimentos são derivados de fontes vulcânicas preexistentes e associadas a outras fontes não vulcânicas, dispostas em estratos tabulares e lenticulares amalgamados. Chegando a alcançar 140 m de espessura, começando por conglomerado basal contendo fragmentos de basalto, predominam-se os arenitos vulcânicos, com granulação média e pequenos seixos, que lhes conferem caráter conglomerático; siltitos e argilitos estão

presentes em leitos de espessura centimétrica e extensão restrita. São rochas que contêm detritos provenientes da erosão de rochas vulcânicas preexistentes com fragmentos de origem não vulcânica (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

As melhores exposições ocorrem no vale do Rio Uberaba, no perímetro urbano e Peirópolis. Nas rochas da Formação Uberaba foram identificados fragmentos de basalto, argilito, quartzito e de rocha alterada com magnetita, quartzo, feldspato, piroxênio, anfíbrito, biotita, muscovita, granada, apatita, peronoskita, cronita. (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). A espessura do depósito não chega a 20 m e o conjunto repousa sobre basaltos ou arenito Botucatu.

Caracteriza-se pela presença de arenitos médios a muito finos, intercalados com siltitos, argilitos, conglomerados e arenitos conglomerados ((HASUI,1967) citado por (EMBRAPA/EPAMIG,1982).

Caracterizada como de origem fluvial; planícies de inundação predominariam em faixas mais distais, onde possivelmente tenha ocorrido brusca variação do veículo transportador e mudanças climáticas com alternância de inundações e ressecamentos (HASUI,1967) citado por (EMBRAPA/EPAMIG,1982).

O clima desta área incluiria períodos semi-áridos marcados por extensiva cimentação carbonática e épocas menos inóspitas, favoráveis a proliferação biológica, sendo grande o número de ossos de répteis descobertos nas camadas desta formação.

Quinhentos metros a norte do Rio Uberaba, na BR- 050 ocorre uma seção de 12,5 m de espessura da Formação Uberaba, exposta por cerca de 600 m, que consiste de intercalações de arenitos finos, médios e grossos, com leitos subordinados de arenito conglomerático e paraconglomerado. Os arenitos conglomeráticos e os paraconglomerados são compostos por grânulos líticos, principalmente de rochas vulcânicas, vulcanoclásticas, arenito e pelotas de argila. Os arenitos são constituídos por quartzo e fragmentos líticos (argilitos e rochas vulcânicas), com quantidades variáveis de perovskita, opacos, piroxênio, granada (melanita) e feldspatos. A matriz é argilosa e o cimento é de carbonato, ou misturas de carbonato e opacos (GRAVINA et al., 2002).

Entre Veríssimo e Ponte Alta, encontram-se arenitos da Formação Uberaba, no restante da área jaz sobre os basaltos da formação Serra Geral (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). Contudo, os seus componentes litológicos fundamentais são: arenitos conglomerados, conglomerados e arenitos, argilito, folhetos e rochas silicatosas; podendo atingir a espessura máxima da formação na ordem de 220m,

4.2.1.3.3-Formação Marília

A Formação Marília é subdividida, na região do Triângulo Mineiro, em dois membros: Ponte Alta e Serra da Galga, sendo predominante no município de Uberaba a Ponte Alta. SANTOS (1994), citado por RIBEIRO (2001), em trabalhos na região de Uberaba (MG), pode concluir que os sedimentos do Membro Ponte Alta foram depositados, provavelmente, na fácies intermediária de leques aluviais com predomínio de bancos cascalhosos e arenosos, depósitos de canais entrelaçados e, localmente, lagos efêmeros e/ou delgados depósitos de canais abandonados. Ainda segundo SANTOS (1994), a deposição dos sedimentos do Membro Ponte Alta teria ocorrido sob clima semi-árido, constituída de arenitos finos a grosseiros, muito imaturos e maciços apresentando freqüentes nódulos calcários. O calcário pode formar camadas de até 8 m de espessura (Ponte Alta, município de Uberaba), mas, normalmente aparece como nódulos e como cimentação carbonática de arenitos (BARCELOS, 1984).

Na região ao norte de Uberaba existem sedimentos tufáceos (tufitos e argilitos) sobreposta sobre basalto da Formação Serra Geral.

2.1.3.4-Formação Serra Geral

Aflora em áreas relativamente limitadas devido a se encontrarem recobertas pelos sedimentos do Grupo Bauru (formações Adamantina, Uberaba e Marília), sendo característico nos vales dos principais rios presentes na região (NISHIAMA, 1998).

Segundo Hassui (1969) citado por (EMBRAPA/EPAMIG,1982), a Formação Serra Geral pode apresentar espessura da ordem de 230 metros entre as cidades de Delta e Uberaba.

A sudoeste de Uberaba, próximo à cidade de Conceição das Alagoas, ocorrem arenitos depositados diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. O afloramento tem 3 m de espessura de arenitos verde com matriz argilosa e estratificações cruzadas na porção basal (GRAVINA et al,2002). Os arenitos são magnéticos, mal selecionados e contém desde silte grosso a areia grossa, e raros níveis com grânulos. Os componentes detríticos são quartzos, magnetita, feldspato, perovskita (desde traço até 25% em volume), piroxênio, granada, titanita, mica, opacos, carbonato, fragmentos de rochas vulcânicas e de argilito. Carbonato ocorre como cimento, fragmentos de carapaças ou, ainda, como grãos detríticos, cobertos por película de óxidos/hidróxidos. Quartzo varia de 18 a 27%, sem apresentar tendência de aumento para a base ou para o topo. Fragmentos líticos são mais abundantes no topo (20-22 %) do que na base (8%) (GRAVINA et al,2002)

2.1.3.5-Formação Cenozóica

Em pequenas áreas da bacia existe a cobertura de uma capa de sedimentos cenozoicos que varia de espessura, de alguns centímetros a mais de uma dezena de metros. Constituídos por sedimentos aluviais recentes, cangas limoníticas, além de aluviões e coluviões (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

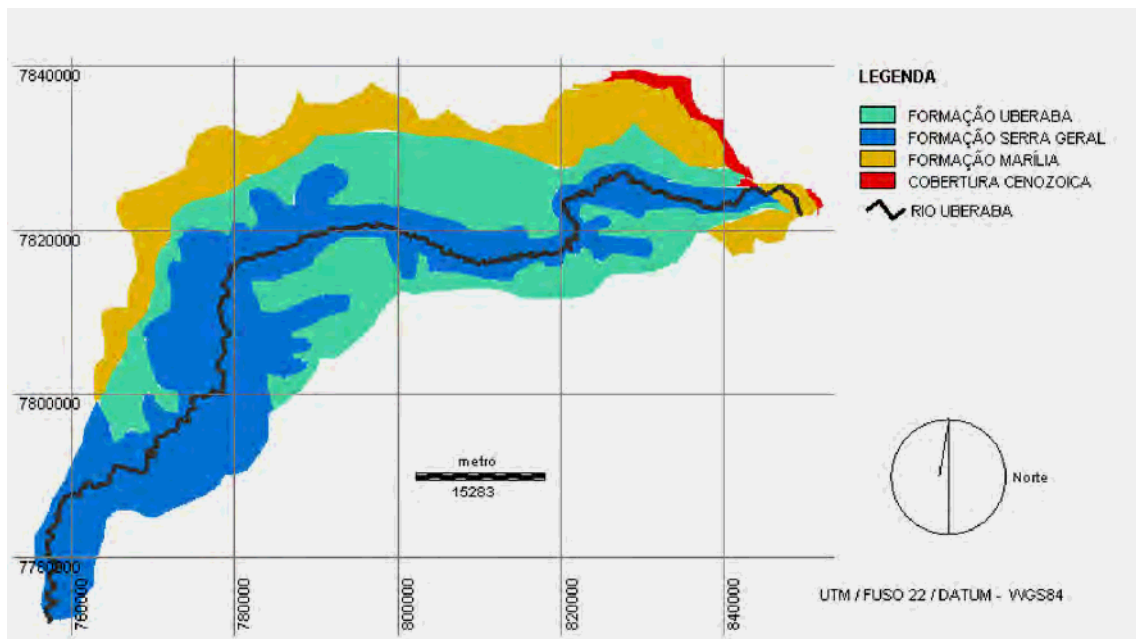


Figura 3 – Área de ocorrência das Formações Geológicas na bacia do rio Uberaba (modificado de FERREIRA JUNIOR E GOMES, 1999).

2.1.4. Principais unidades de solos

Segundo NISHIYAMA (1998), o município de Uberaba faz parte da unidade de relevo do Planalto Arenítico Basáltico da Bacia do Paraná. Os solos são muito variados, a maioria apresentando textura média, sendo classificados de uma forma geral como Latossolos de diferentes graus de fertilidade, predominando Latossolo Vermelho distroférico textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho amarelo, apresentado na Tabela 2.

c) Latossolos

Esta classe compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnóstico superficial.

São solos que apresentam avançado estágio de intemperismo e, conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores de minerais primários facilmente alteráveis. Sua reserva em nutrientes é muito reduzida, fato que não os impede de serem solos bastante produtivos quando bem manejados (OLIVEIRA, 2005).

A grande maioria dos Latossolos situa-se em relevo aplainado a suave ondulado, sendo tidos como de fácil preparo para o plantio em decorrência de sua adequada consistência. Latossolos com textura franco-arenosa ou franca, mas com teores de argila próxima a 20%, são bastante erosionáveis, apresentando em igualdade de condições de declive e de uso, menor resistência à erosão do que latossolos de textura mais fina. (OLIVEIRA, 2005)

Os Latossolos Vermelho Amarelo distrofico são solos muito profundos e de baixa fertilidade natural, donde ocorrem geralmente em relevo planos a suave ondulados, podendo também ocorrer com menos freqüência em áreas onduladas e fortemente onduladas (VIEIRA & VIEIRA ,1983) , citado por BAPTISTA (2003). Apresentam boa drenagem natural e baixo acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais. Na bacia do rio Uberaba, ocupam 104,02 Km², correspondendo a 4,3% da área total.

Os Latossolos Vermelho distroférico, sendo um solo mineral muito profundo, com textura variando de média a argilosa, predominam na região a textura franco arenosa, bastante erosionáveis, ricos em sesquióxidos, bastante porosos, muito permeáveis, bem drenados (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). Ocupam 1521,86 Km², equivalendo a 62,91% da área da bacia.

d) Argissolos

A classe dos Argissolos compreende solos que tem como característica principal a presença do horizonte B textural, imediatamente abaixo do horizonte A. Compreendem depois dos Latossolos, a ordem mais extensa de solos brasileiros. É susceptível a erosão com mudança textural abrupta, apresentando menor resistência à erosão (OLIVEIRA, 2005).

Os Argissolos Vermelho Amarelo são solos muito profundos, onde se consegue separar nitidamente os perfis. Apresentam uma textura argilosa a média, predominando na região a textura média, sendo bem drenados e moderadamente porosos. Geralmente associados a terrenos ondulados a fortemente ondulados ocupam 7,19% da área da bacia.

Tabela 2. Classe de solos e a respectiva área ocupada na bacia do rio Uberaba

| Descrição/Classificação anterior EMBRAPA(1988) | Descrição/Classificação EMBRAPA(1999) | Área (km ²) |
|--|---|----------------------------|
| LATOSSOLO VERELHO –AMARELO ÁLICO OU DISTRÓFICO | LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO (LVAd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 104,02 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 4,30 |
| LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ÁLICO E DISTRÓFICO. | LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFÉRICO(LVdf) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 1521,86 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 62,91 |
| LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO E ÁLICO | LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO(LVdt) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 600,94 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 24,84 |
| PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO EUTRÓFICO E DISTRÓFICO | ARGISOLO VERMELHO AMARELO (PVAd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(Km) | 174,01 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 7,19 |
| GLEI HÚMICO ÁLICO | GLEISSOLOS MELÂNICOS DISTRÓFICO(GMd) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 9,95 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 0,41 |
| AREIA QUARTZOSAS ÁLICAS E DISTRÓFICAS | NEOSSOLOS QUARTZARENICOS HIDROMÓRFICOS(RQg) | |
| | ÁREA TOTAL PARCIAL(km) | 8,22 |
| | PERCENTAGEM TOTAL DA BACIA (%) | 0,34 |

Os solos pertencentes a cada unidade de mapeamento estão discriminados por tipos de relevo, cujas definições são apresentadas a seguir: (EMBRAPA, 1999).

PLANO: superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

SUAVE ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives suaves, variando de 3% a 8%.

ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas apresentando declives moderados, variando de 8% a 20%.

FORTE ONDULADO: superfície de topografia movimentada, formada por morros e raramente colinas com declives fortes, variando de 20% a 45%.

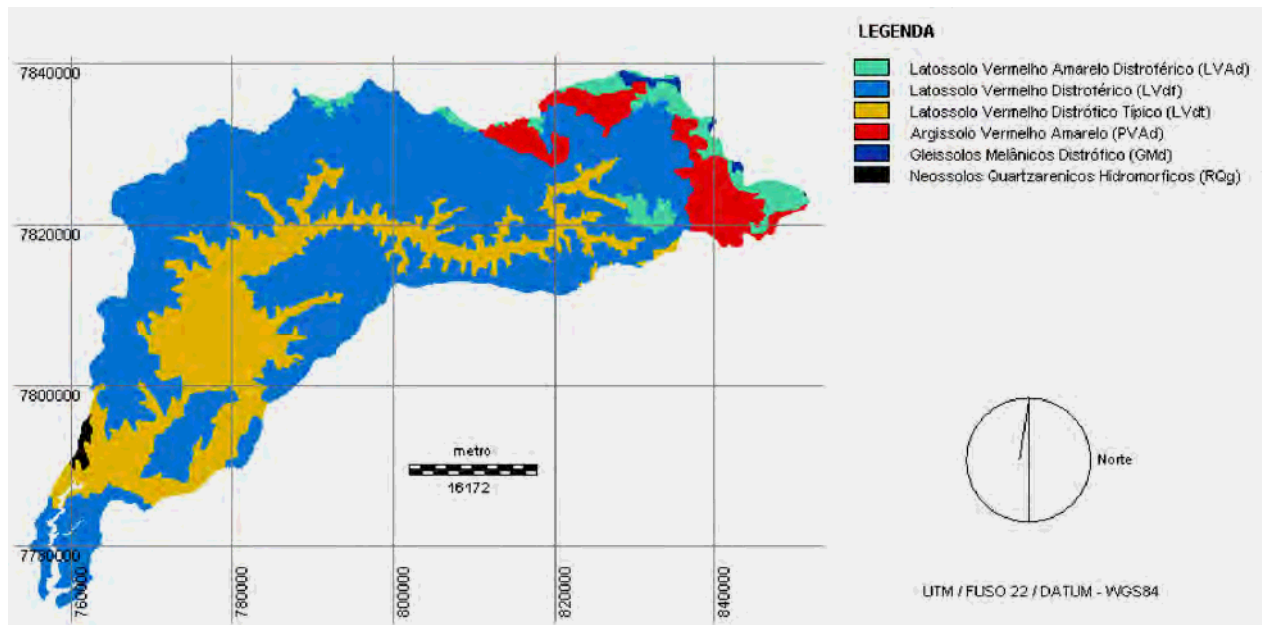


Figura 4. Mapa de Solos da bacia do rio Uberaba, modificado de CRUZ (2003).

2.1.5. Imagem de satélite

Para auxílio na confecção do banco de dados, tanto da rede de drenagem bem como do mapa de uso e ocupação dos solos da bacia, foi adquirida a imagem orbital pelo sensor CCD de alta resolução espacial, instalado a bordo do satélite CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala resolução de até 1:25.000, composição colorida, com cinco canais espectrais: três na região do visível (Banda 1: 0,45 a 0,52 μm , região do azul), (Banda 2: 0,52 a 0,59 μm , região do verde), (Banda 3: 0,63 a 0,69 μm , região do vermelho), (Banda 4: 0,77 a 0,89 μm , região do infravermelho próximo), (Banda 5: 0,51 a 0,73 μm , região pancromática), e data de

passagem de 14 de agosto de 2006 e 18 de março de 2007. A resolução geométrica é da ordem de 20 m, sendo que cada pixel representa uma área de 400 m².

2.1.6. Cartas Topográficas

Para confecção das redes de drenagem e altimetria da bacia, utilizou-se das cartas topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1972, em escala 1:100.000, com equidistância vertical entre curvas de nível de 50 m. As Folhas utilizadas foram: SE-23-Y-C-IV, SE-22-Z-D-VI, SE-22-Z-D-V, SF-22-X-B-II, SF-22-X-B-III. Contudo, a carta topográfica de Veríssimo foi obtida no formato digital (042526hd.dgn e 042526hp.dgn), donde se procedeu o pré-processamento dos dados digitais de elevação e redes de drenagem, mediante transformação dos arquivos digitais do formato (DGN) para (DXF – formato do Autocad) utilizando-se o software “Bentley Red Line”.

2.1.7. Mapas temáticos

Os mapas referentes à área de estudo, utilizados nesta tese, foram produzidos no Laboratório de Geoprocessamento do CEFET/ UBERABA-MG. Todos os mapas têm como sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); fuso 22; datum planimétrico WGS84 (World Geodetic System 1984), equivalente ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), novo sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil em 25 de fevereiro de 2005.

2.1.8. Equipamentos.

Os equipamentos empregados para a confecção deste trabalho foram:

- a) sistema de computação : microcomputador PENTIUM 4 com memória RAM de 1Gb, disco rígido de 160Gb monitor SVGA 17”, teclado, gravador de CD/DVD, impressora, Ploter, Mesa digitalizadora e Scanner A2.
- b) Softwares IDRISI 32 Release Two, AUTOCAD 2007-Autodesk, ArcView 3.2 , Cartalinx, Spring e ENVI 4.0.

2.2. MÉTODOS.

2.2.1 .Obtenção dos mapas Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) ,Declividade (D), e Redes de drenagem(RD) para a bacia do rio Uberaba.

Para a geração do mapa MDT, a partir das cartas do IBGE, Uberaba (analógico) e Veríssimo (digital) na escala 1:100.000, com espaçamento entre curvas de nível a cada 50m, procedeu-se ao pré-processamento dos dados digitais de elevação, mediante transformação dos arquivos digitais do formato (DGN) para (DXF) utilizando-se o software “Bentley Red Line”. Posteriormente, os arquivos foram exportados para o software “Cartalinx”, donde finalizou-se a digitalização da carta curva de nível e rede de drenagem na respectiva escala, mediante o uso de mesa digitalizadora, onde após exportação para o Software IDRISI 32, elaborou-se o arquivo vetorial curvas de nível. Utilizando-se o módulo de interpolação “SURFACE ANALYSIS – INTERPOLATION - TIN INTERPOLATION – TIN” do Software IDRISI 32 , gerou-se a valores altimétricos de uma superfície contínua , obtendo-se desta forma o modelo digital de elevação do terreno (MDT) (Figura 5).

Após a elaboração do MDT procedeu-se na criação do mapa de declividade., acessando-se o menu “GIS ANALYSIS” e módulo “CONTEXT OPERATORS – SURFACE” do “IDRISI 32” , gerando-se o mapa do declive, donde após reclassificação “RECLASS” redefine-se a classe de declive para os intervalos adaptados de EMBRAPA (1999), descrito na Tabela 3 (Figura 6).

A partir da montagem de mosaico de imagens orbitais elaborada à partir do CBERS 2 coletada junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em escala resolução de até 1:25.000, de 14 de agosto de 2006, utilizando-se da composição de bandas (2,3,4) e (3,4,1) realizada no SPRING, onde elaborou-se um arquivo vetorial de digitalização das redes de drenagem da bacia do rio Uberaba, mediante uso do software ENVI 4 (Figura 7).

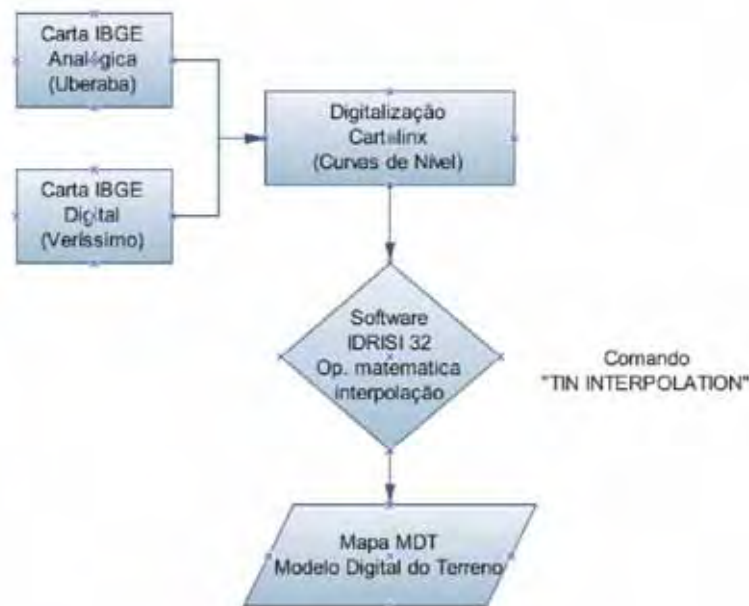


Figura 5. Metodologia utilizada para elaboração do modelo digital do terreno (MDT).

Tabela 3. Intervalos de classe de declividade e seus relevos correspondentes.

| Declividade | Discriminação |
|-------------|--|
| 0 - 5 | Relevo plano a suave ondulado |
| 5-10 | Relevo suavemente ondulado a ondulado |
| 10-20 | Relevo ondulado a moderadamente ondulado |
| 20-47 | Relevo forte a montanhoso escarpado |
| > 47 | Relevo montanhoso |

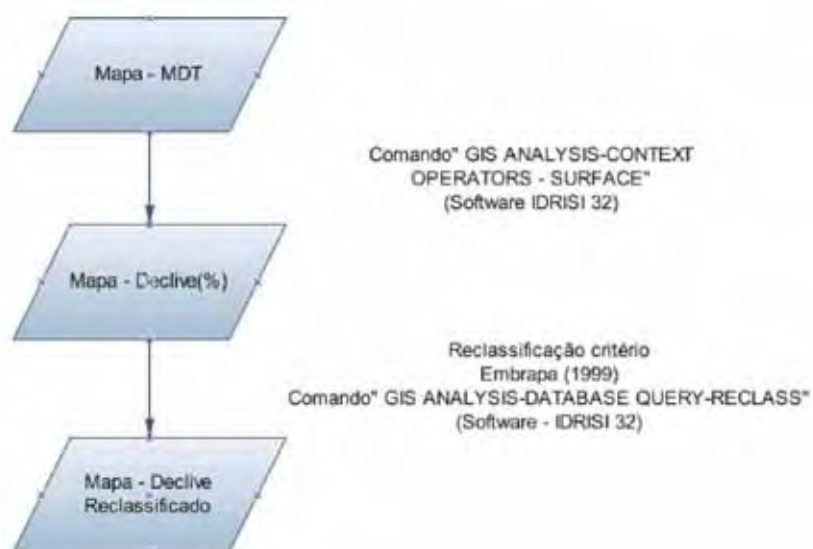


Figura 06. Metodologia utilizada para elaboração do mapa declividade.

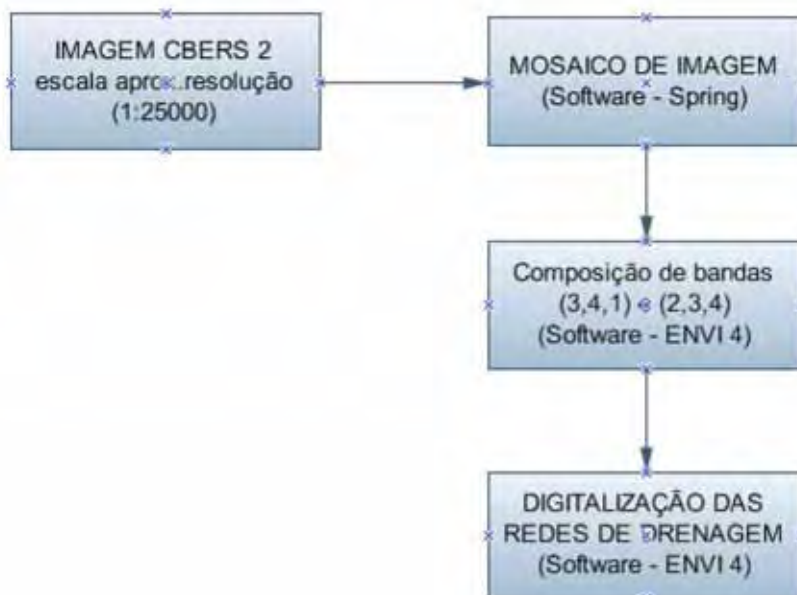


Figura 7. Metodologia utilizada para elaboração do mapa rede de drenagem.

2.2.2. Delimitação da área e perímetro das bacias hidrográficas

A área de drenagem (A) constitui a área plana delimitada pelo divisor de águas, fundamental para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica. No presente trabalho, a área da bacia foi delimitada, utilizando-se a sobreposição dos mapas “*curvas de nível*” e “*redes de drenagem*”, no software IDRISI 32, donde após a localização dos respectivos divisores de água, procedeu-se a delimitação das áreas mediante uso do menu “DIGITIZE”. Desta forma, criou-se um novo arquivo vetorial, intitulado divisão das microbacias, gerando-se cento e noventa e sete microbacias (Figura 08 e 09), onde o respectivo cálculo da área e perímetro foram realizadas com a utilização do menu “GIS ANALISYS” – “DATABASE QUERY” – “ÁREA” e “PERÍM”.



Figura 8. Metodologia utilizada para elaboração do mapa divisório das microbacias.

2.2.3. Elementos de reconhecimento empregados na imagem orbital

Para extrair as informações da imagem, envolveu-se a determinação dos elementos de reconhecimento. A maior parte desta atividade requer grande capacidade de cognição por parte do intérprete, devido a complexidade dos processos envolvidos e a falta de algoritmos computacionais, precisos o bastante para realizá-la de forma adequada (COSTA et al., 1999)

2.2.4. Caracterização morfométrica da bacia e sub-bacias hidrográficas de 1^a, 2^a, 3^a, e 4^a e 5^a ordens.

A caracterização das microbacias hidrográficas foi efetuada mediante o emprego da análise morfométrica em cada microbacia, sendo as características dimensionais das variáveis morfológicas e da composição da rede de drenagem, determinadas conforme a seguinte metodologia.

2.2.4.1. Variáveis Morfológicas (correlacionadas com a geometria da bacia).

As seguintes características dimensionais das variáveis morfológicas foram determinadas, sendo: área (A), perímetro(P), maior comprimento (C), maior largura(L), índice de circularidade (IC), índice de sinuosidade, coeficiente de compactidade (KC) , fator forma (KF) definidas à seguir:

Área (A): compreende a superfície total da bacia (HORTON, 1945); (CHRISTOFOLETTI, 1980). Foi medida empregando-se o IDRISI 32 e expressa em quilômetro quadrado (km²);

Perímetro (P): corresponde a medida do comprimento da linha do divisor de águas da bacia, que delimita a área da mesma (SMITH, 1950). Foi medido com o emprego do IDRISI 32 , expressa em quilômetro (km);

Maior comprimento (C): Representa a linha reta que une a foz até o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, seguindo a direção aproximada do vale principal (SCHUM, 1956). A sua medida foi efetuada no mapa divisório das microbacias, utilizando-se ferramentas do AUTOCAD menu “Modify-lengthen” e expressa em quilômetro sendo expresso em quilômetro (km);

Maior Largura (L): Foi medida transversalmente ao maior comprimento, no mapa divisório das microbacias, utilizando-se ferramentas do AUTOCAD, menu “Modify-lengthen sendo expressa em quilômetro (km);

Índice de Circularidade (IC): O índice de circularidade apresentado por MILLER (1953) citado por ROCHA & KURTZ, (2001), é uma variável morfométrica onde quanto maior for o valor de (IC) (verificado na comparação entre sub-bacias), mais próxima estará a mesma da forma circular, sendo maior o perigo de enchente. Foi medido com o emprego do IDRISI 32 menu “Modify-lengthen, após medição das respectivas áreas e perímetros das microbacias (equação n^o1);

Índice de sinuosidade do curso d água (Si) - A sinuosidade do curso d'água (S_i) é a relação do comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do fundo do seu leito, donde descreve o grau de tortuosidade dos cursos d água, sendo um fator controlador da velocidade de escoamento das águas (VILELA & MATTOS ,1975). Foram medidos os respectivos comprimentos, utilizando-se ferramentas do AUTOCAD menu “Modify-lengthen onde mediu-se os respectivos comprimentos.

Coeficiente de Compacidade (Kc): O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da bacia de

drenagem. De acordo com VILLELA & MATTOS (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Para a efetivação do cálculo do K_c , partindo dos valores calculados das respectivas áreas e perímetros das microbacias (utilizando-se da equação n°2), montou-se planilha eletrônica no software Microsoft excel, onde procedeu-se o cálculo do respectivo coeficiente. Posteriormente, no IDRISI 32 criou-se um banco de dados(arquivo de valores AVL) utilizando-se o menu "EDIT" para as 197 microbacias, onde utilizando o comando "ASSIGN" de adicionou os valores criados no banco de dados à imagem referente às microbacias em estudo, donde em seguida foi reclassificada segundo critério utilizado por SILVA & MELO (2006), buscando-se determinar as áreas mais propensas a enchentes na bacia.

Fator de Forma (Kf): É a relação entre a largura média e o comprimento do eixo (ou axial) da bacia. Esse comprimento é medido da foz ao ponto mais distante da bacia. Obtém-se a largura média dividindo-se a área pelo comprimento do eixo (equação n°3). Para o cálculo do coeficiente K_f , partindo do valor calculado das respectivas áreas das microbacias estudadas, montou-se uma planilha eletrônica no software Microsoft excel, onde procedeu-se o cálculo do respectivo coeficiente.

2.2.4.2 - Variáveis relativas à composição da rede de drenagem e relevo.

As seguintes características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem foram determinadas, sendo: comprimento definidas a seguir: comprimento total da rede de drenagem (C_r), comprimento total dos canais por ordem(C_{tw}), densidade de drenagem(D_d), densidade hidrográfica(D_H), ordem dos cursos d água(O_R), e o comprimento de rampa médio do escoamento superficial(C_R).

Comprimento total da rede de drenagem (Cr): corresponde ao comprimento total do segmento de rio que forma a rede de drenagem da bacia hidrográfica (HORTON, 1945). A sua medida foi realizada com auxílio do Autocad utilizando o menu “Modify-lengthen” e expressa em quilômetro (km).

Ordem de ramificação ou magnitude (OR): os canais de drenagem foram classificados de acordo com o sistema de HORTON (1945), modificado por STRAHLER (1957).

Comprimento total dos canais por ordem (Ctw): representa o comprimento total dos segmentos de rios em cada ordem, sendo identificados por Ctw (Ctw1, Ctw2) FRANÇA (1968).

Densidade de drenagem (Dd): obtido pela relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A), expressa em quilômetro/quilômetro quadrado (km/km²): $Dd = Cr/A$, (HORTON, 1945); os comprimentos das redes de drenagem das microbacias mapeadas foi elaborado utilizando-se software AUTOCAD 2007, utilizando-se os comando MODIFY> LENGTHEN, a partir do mapa das redes de drenagem para se medir os comprimentos das respectivas redes.

Para a efetivação do cálculo do Dd, partindo dos valores calculados das respectivas áreas das microbacias estudadas, montou-se planilha eletrônica no software Microsoft excel, onde se procedeu ao cálculo do respectivo coeficiente (equação n^o4). Posteriormente, no IDRISI 32 criou-se um banco de dados (arquivo de valores AVL) utilizando-se o menu “EDIT” para as 197 microbacias, onde utilizando o comando “ASSIGN” de adicionou os valores criados no banco de dados à imagem referente à divisão das microbacias) (Figura 9).

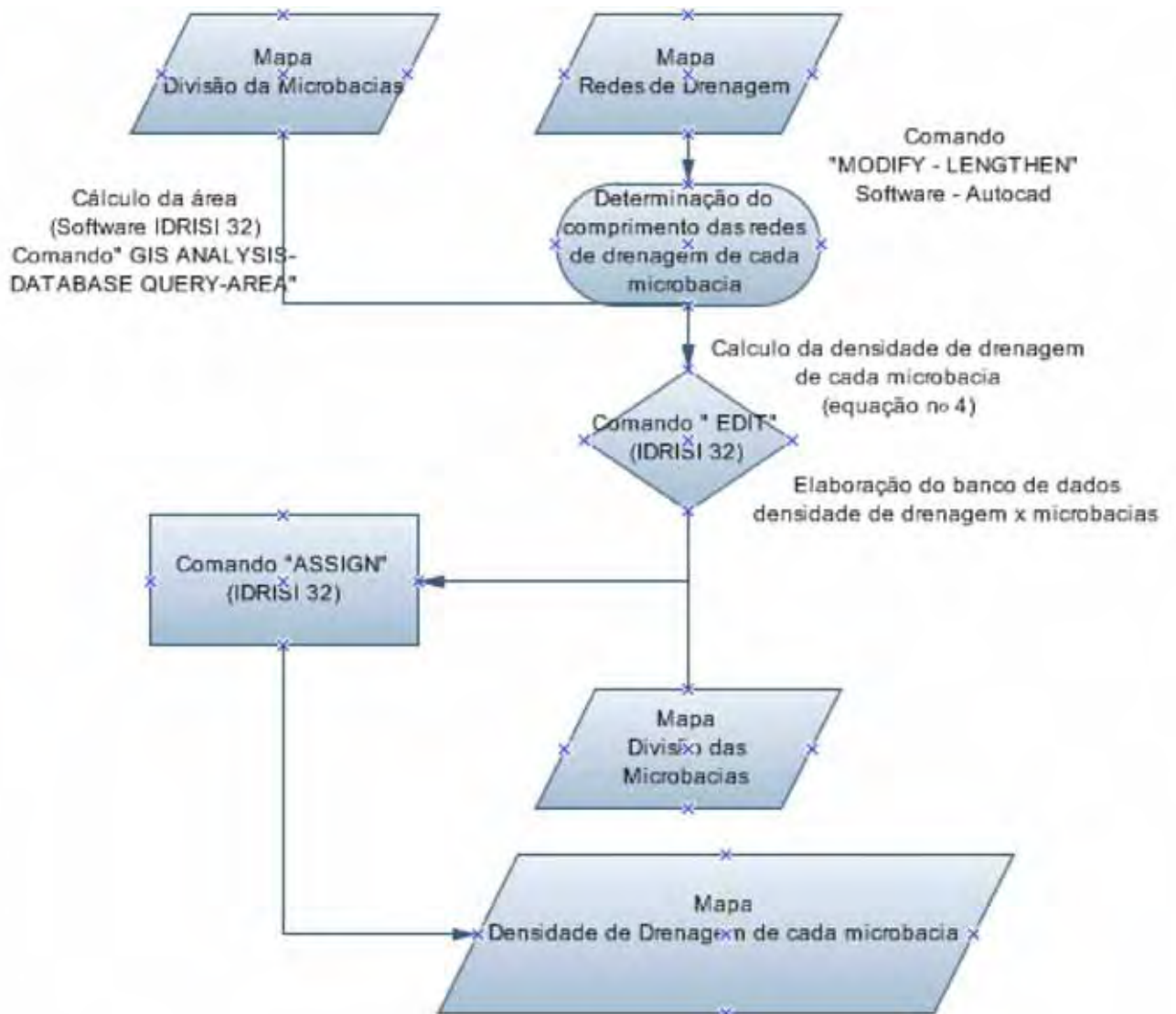


Figura 9. Metodologia utilizada para elaboração do mapa densidade de drenagem

Comprimento de rampa médio do escoamento superficial (C_{rm}): definido como sendo a distância média em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d água de uma bacia (VILLELA & MATTOS (1975)). Estimado à partir do parâmetro densidade de drenagem; $C_{rm} = \frac{1}{4 \times Dd} = \frac{A}{4 \times Cr}$

(Coeficiente de Rugosidade (RN)):

A abordagem a ser feita, neste estudo, corresponde a identificar e quantificar os danos ambientais na microbacia hidrográfica, através da aplicação dos diagnósticos físico conservacionista

O diagnóstico físico-conservacionista caracteriza o uso da terra, na microbacia, a partir da determinação do Coeficiente de Rugosidade (Ruggdeness Number – RN), parâmetro que direciona o uso potencial da terra com relação às suas características para agricultura, pastagem e/ou florestamento. ROCHA & HURTZ (2001), cita quatro classes para o RN, descritas abaixo:

- A – Solos com aptidão para agricultura (menor valor de RN);
- B – Solos com aptidão para pastagem;
- C – Solos com aptidão para pastagem/florestamento;
- D – Solos com aptidão para florestamento (maior valor de RN).

A partir da digitalização do mapa de curvas de nível, elaborado de cartas topográficas do IBGE representativas da área em estudo (Uberaba, Veríssimo), utilizando-se do Software Autocad, mediante o comando “MODIFY-LENGTHEN” determinou-se o comprimento total das curvas de nível de cada microbacia. A delimitação das microbacias foi realizado à partir da importação do mapa “divisão das microbacias” do Software IDRISI 32 para o ambiente do Software Autocad. De posse dos valores do comprimento total das curvas de nível, a partir das equações nº 5 e 7, calculou-se a declividade média e o coeficiente RN de cada microbacia, no software Excel, elaborando-se posteriormente o banco de dados (Coeficiente RN x microbacias) através do comando “EDIT” (software IDRISI 32). Utilizando-se do comando ASSIGN (IDRISI 32) atribuiu-se ao mapa divisão das microbacias o banco de dados criado (Coeficiente RN) resultando no mapa Coeficiente RN de cada microbacia, segundo fluxograma apresentado na FIGURA 10.

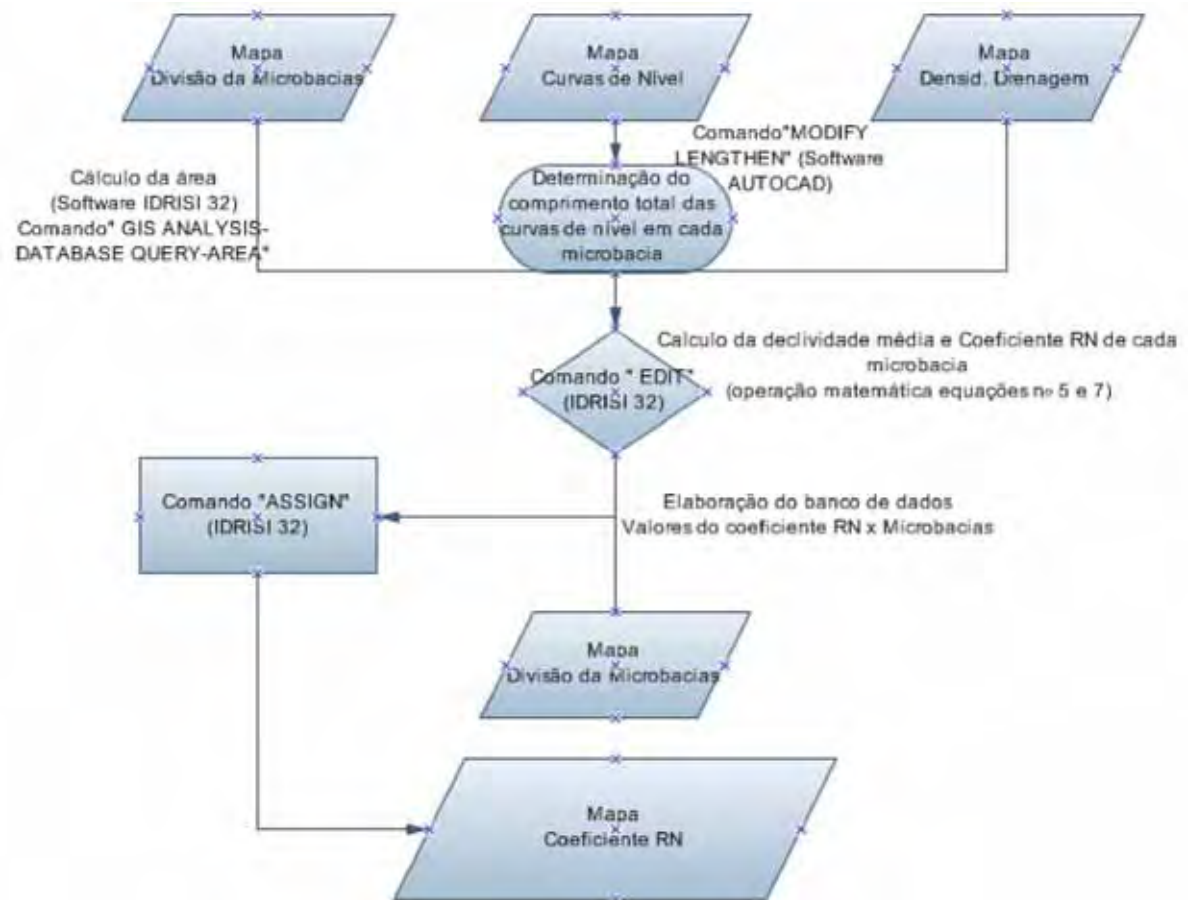


Figura 10. Metodologia utilizada para elaboração do coeficiente RN

Para se caracterizar o “Uso Potencial das Terras”, nas quatro classes classificadas por Sicco Smith, citado por ROCHA & HURTZ (2001), são calculados a “Amplitude” – A e o Intervalo – I, dos coeficientes de rugosidades, sendo:

$$A = (\text{maior valor de RN} - \text{menor valor de RN})$$

$$I = A/4,$$

O denominador 4 representa o número de classes de aptidão (A, B, C, D). Para definição dos intervalos de domínios (largura dos intervalos das classes de RN's), inicia-se com a classe inferior, a fim de incluir o menor valor de RN, após isso, acrescenta-se o valor do intervalo de classe, definindo-se deste modo o limite superior do intervalo. As demais classes serão definidas, segundo o mesmo procedimento, observando-se que valor do limite inferior da classe subsequente será fixado a partir do limite superior da classe antecedente.

A partir da determinação do uso potencial da terra, elaborado a partir do coeficiente de rugosidade (Ruggdeness Number – RN), procedeu-se elaboração de mapa de classificação nas 197 microbacias estudadas, utilizando-se o software IDRISI 32. Desta forma, criou-se um banco de dados (arquivo de valores AVL) utilizando-se o menu “EDIT” ,onde utilizando o comando “ASSIGN” se adicionou os valores estimados de RN à imagem das microbacias em estudo, donde em seguida foi reclassificada segundo as classes de aptidão, mediante uso do comando “GIS ANALYSIS>DATABASE QUERY> RECLASS” (Figura 11).



Figura 11 - Metodologia utilizada para elaboração do mapa do Coeficiente RN reclassificado de acordo com classes de aptidão.

2.2.5. Determinação das áreas de conflito de uso na bacia

A partir da elaboração do uso potencial da terra (RN) elaborou-se a classificação dos pesos do RN e do uso e ocupação (Tabela 6), possibilitando a elaboração do mapa de conflitos. O respectivo mapa foi elaborado mediante uso do software IDRISI 32 mediante sobreposição de dois planos de informação dos mapas uso potencial do solo

(RN) com o mapa de uso e ocupação, segundo comando do menu GIS ANALYSIS > DATABASE QUERY>CROSSTAB (Figura 12).

Como exemplo, de classificação do conflito, se o indicativo proposto pelo valor de RN for para a atividade de florestas, e atualmente a respectiva área é usada para agricultura, após a definição dos pesos (Tabela 4) ($4-1=3$) pode-se definir a existência de um conflito classe 3 e assim sucessivamente, segundo Tabela 5.

Tabela 4. Classificação dos pesos referentes às classe de RN e Uso atual

| Classes de RN e Uso Atual | Peso |
|------------------------------|------|
| Agricultura – Classe A | 1 |
| Pecuária – Classe B | 2 |
| Pecuária/Floresta - Classe C | 3 |
| Floresta – Classe D | 4 |

Tabela 5. Classes de conflito (degradação ambiental)

| Classes de conflito | RN – Uso Atual | Recomendação |
|---------------------|----------------------------|---|
| Classe 1 | Ex: | Apresentam riscos ou limitações permanentes severas quando usadas para culturas anuais e pastagens, seu uso deve ser norteado pela implementação de técnicas conjuntas de conservação do solo (caráter vegetativo, mecânico). |
| | $4 - 3 = 1$ | |
| | $3 - 2 = 1$ $2 - 1 = 1$ | |
| Classe 2 | Ex: | Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagem nativa, reflorestamento ou preservação ambiental. |
| | $4 - 2 = 2$ $3 - 1 = 2$ | |
| Classe 3 | Ex: $4 - 1 = 3$ | Terras impróprias para cultivos intensivos e pastagens, mas ainda adaptadas para reflorestamento ou preservação ambiental. |

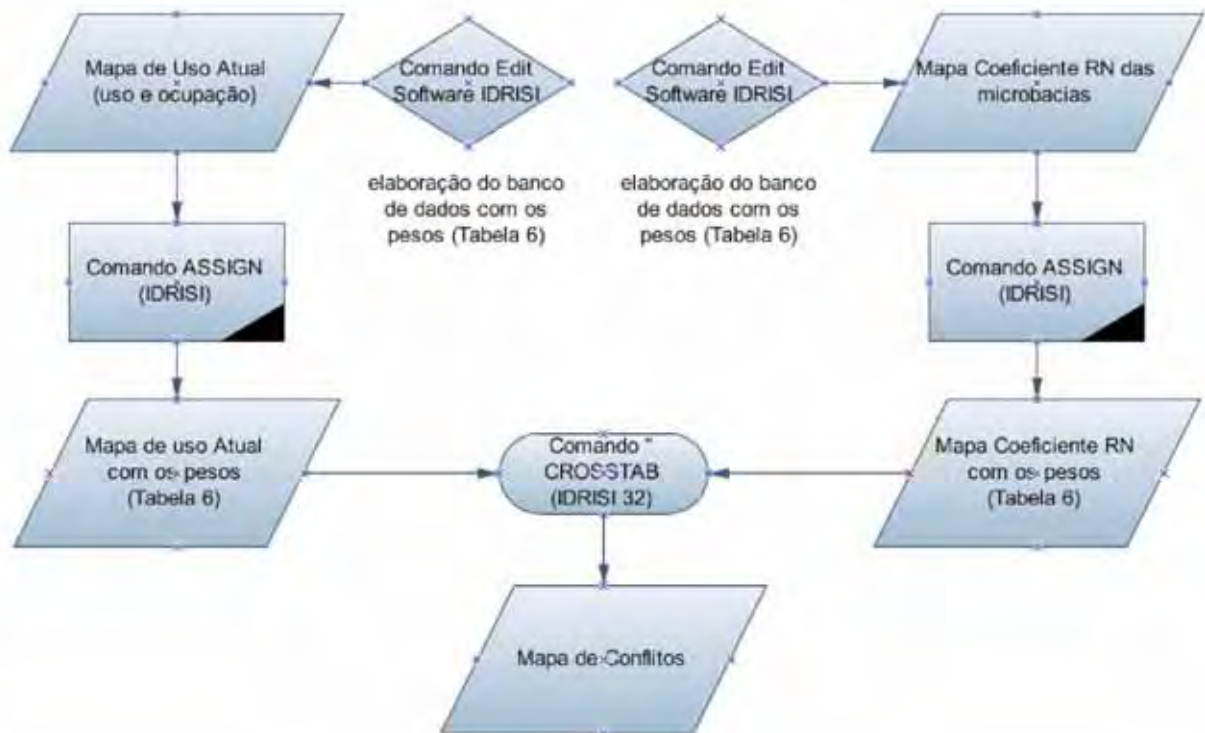


Figura 12. Metodologia utilizada para elaboração do mapa de conflitos ambientais

2.2.6. Correlação entre áreas de conflitos e impactos ambientais quanto a perda de solo na bacia do rio Uberaba.

Utilizando-se do método de classificação cruzada, no SIG IDRISI 32 (Analysis > Database Query > Crosstab), conceituada como a superposição de dois planos de informação, a partir do cruzamento das informações dos mapas conflitos ambientais quanto ao uso e ocupação dos solos com o mapa classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo (Figura 33 – Capítulo 3), gerou-se o mapa de comparação, representativo das áreas de conflito e classes de altos impactos e situação crítica quanto a perda de solo na bacia do rio Uberaba.

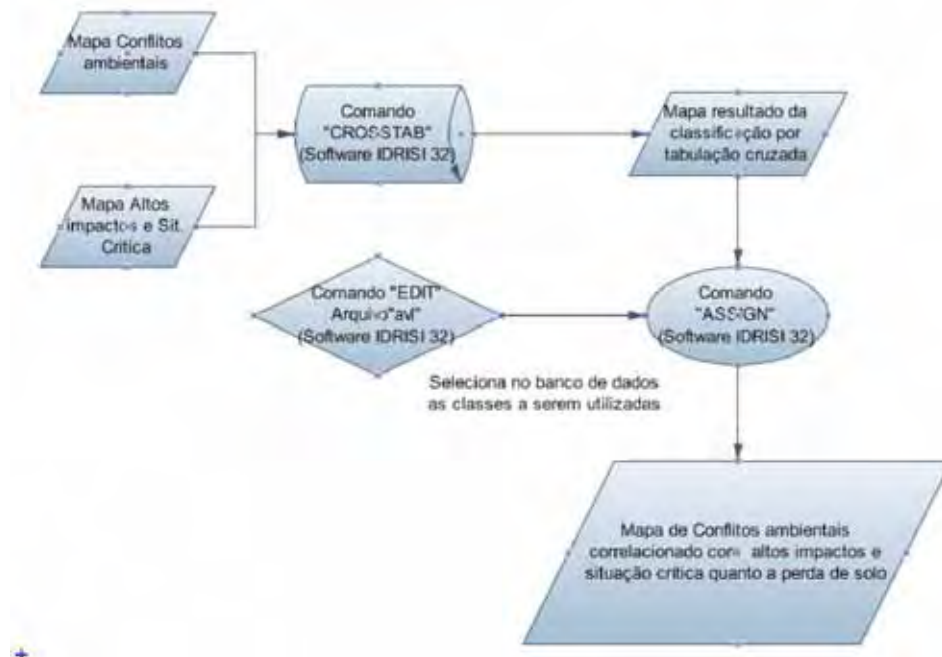


Figura 13 - Metodologia utilizada para elaboração do mapa de conflitos ambientais e classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo.

2.2.7. – Avaliações dos parâmetros morfométricos (Análise Estatística)

Como primeiro passo para a análise das quinze variáveis morfométricas nas 197 sub-bacias que compõem a bacia do rio Uberaba, procurou-se submeter os resultados à análise univariada com o propósito de avaliar os diversos aspectos relacionados com a variabilidade das características morfométricas nas microbacias hidrográficas de 1ª a 5ª ordem, em cada unidade de solo, utilizando-se do Software MINITAB. V13.

As diversas variáveis morfométricas foram avaliadas por meio da análise de variância, utilizando-se o programa MINITAB, com o propósito de permitir uma melhor análise dos aspectos da variabilidade das características de cada microbacia hidrográfica em função das três unidades de solos estudadas, buscando-se gerar padrões morfométricos regionais que favoreçam a classificação e identificação dos principais solos da região. Na seqüência, após análise de variância, para as variáveis significativas ao teste de F, procedeu-se o teste de medias segundo Tukey 5%.

III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Identificação das microbacias hidrográficas

As bacias hidrográficas são consideradas unidades geomorfológicas da superfície terrestre perfeitamente individualizada, sendo facilmente delimitadas pelos seus divisores de águas. Desta forma, foram identificadas, utilizando-se a sobreposição dos LAYERS “curvas de nível” e “redes de drenagem”, utilizando-se o software IDRISI 32, todas as microbacias hidrográficas de 1^a a 6^a ordens, segundo STRAHLER (1957), em função do traçado da rede de drenagem, da identificação dos respectivos divisores topográficos e do grau de hierarquia dos segmentos de rios.

Para análise dos dados foram selecionadas 69 microbacias de 1^a ordem, 72 de 2^a ordem, 42 de 3^a ordem, 8 de 4^a ordem e 5 de 5^a ordem e 1 de 6^a ordem, totalizando 197 microbacias. Ressalta-se que estas microbacias foram selecionadas em função dos principais cursos d'água da bacia do rio Uberaba (Figura 18).

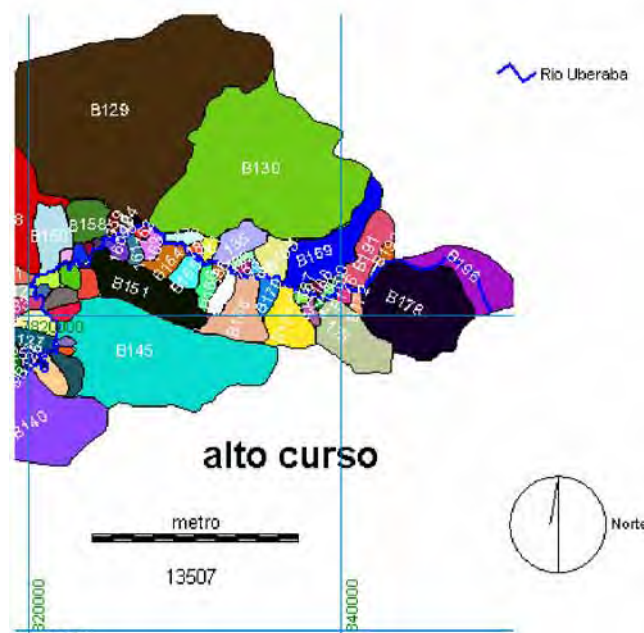


Figura 14. Identificação das microbacias presentes no alto curso da bacia do rio Uberaba.

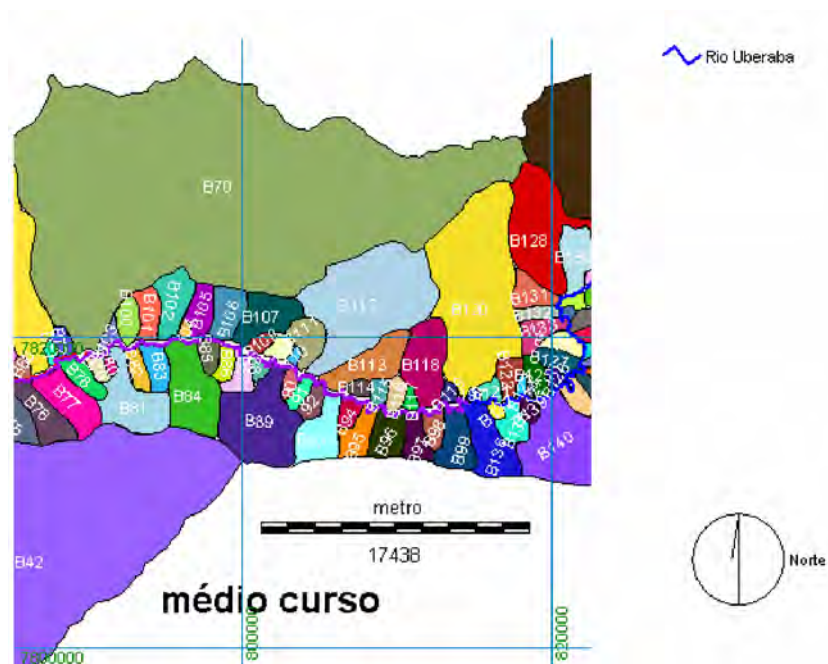


Figura 15. Identificação das microbacias presentes no médio curso da bacia do rio Uberaba.

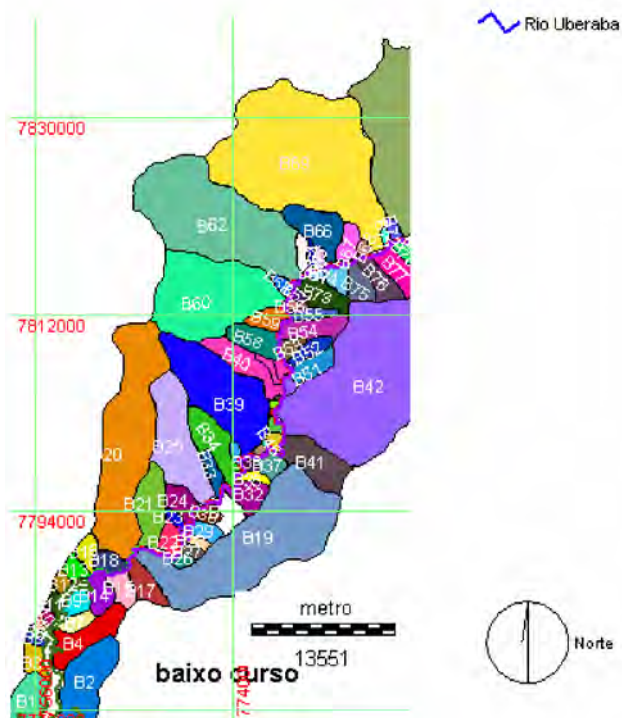


Figura 16. Identificação das microbacias presentes no baixo curso da bacia do rio Uberaba.

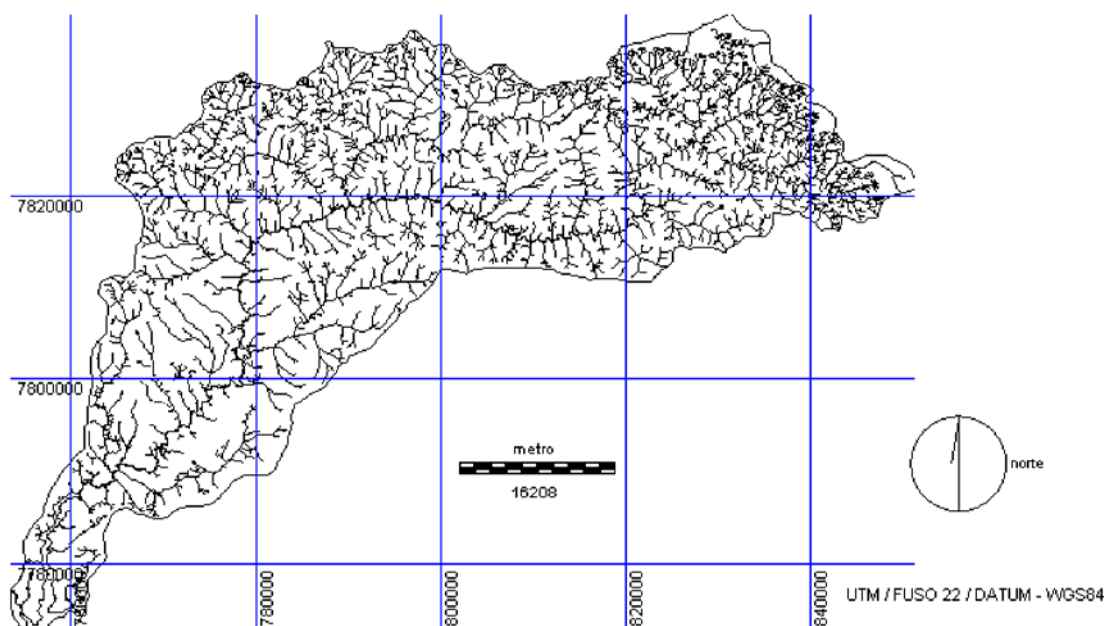


Figura 17. Redes de drenagem da bacia do rio Uberaba elaborado a partir do mosaico de imagens orbitais do CBERS 2 em escala resolução de 1:25.000

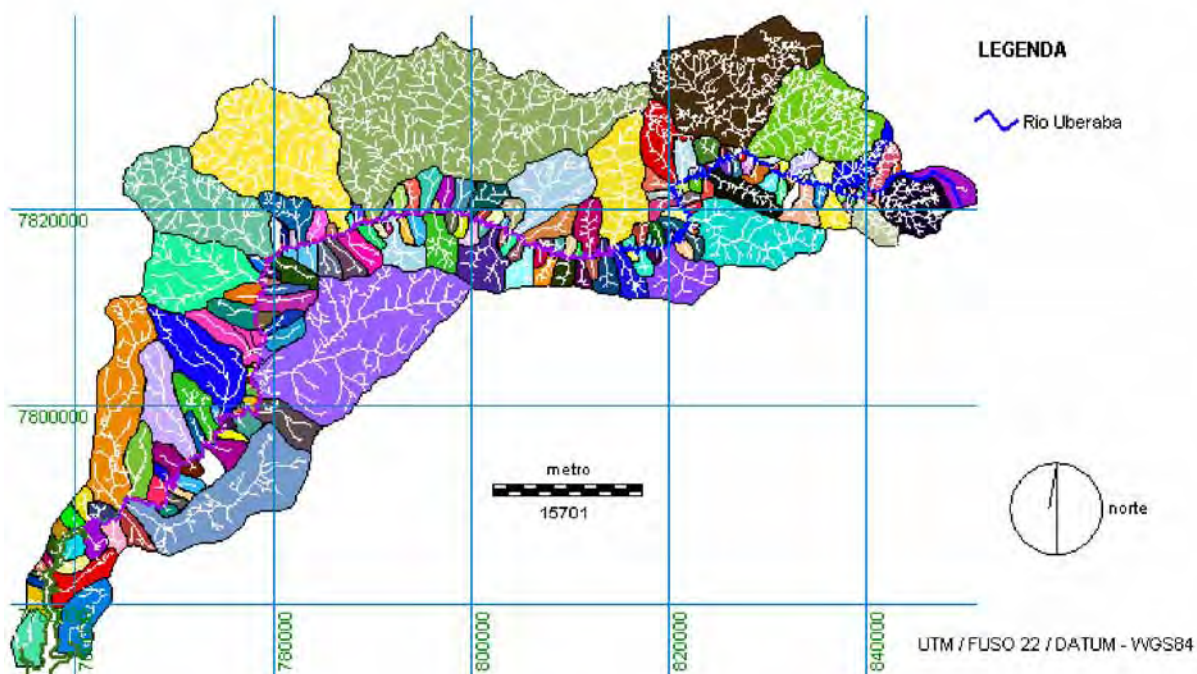


Figura 18. Microbacias selecionadas em função dos principais cursos d'água da bacia do rio Uberaba.

3.2. Análise morfométrica.

Na análise morfométrica foram analisados as características quantitativas de bacias de primeira a sexta ordem de magnitude, pertencentes a bacia hidrográfica do rio Uberaba, seguindo metodologia de STRAHLER (1957). As características morfométricas revelam relações existentes entre as redes de drenagem e as áreas drenadas, favorecendo o entendimento da dinâmica fluvial na bacia, o qual se correlaciona com processos de formação e degradação do ambiente, na forma de média e desvio padrão. A rede de drenagem foi correlacionada com as seguintes unidades de solos: Latossolo Vermelho Distroférico(LVdf), Latossolo Vermelho Distrófico (LVdt) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd).

A análise morfométrica foi dividida em variáveis morfológicas (correlacionadas com formatos anatômicos dimensionais da bacia) e variáveis correlacionadas à rede de drenagem e relevo.

3.2.1. Variáveis Morfológicas

As características dimensionais das variáveis morfológicas foram determinadas, sendo: área (A), perímetro(P), maior comprimento (C), maior largura(L), índice de circularidade (IC), índice de sinuosidade, coeficiente de compacidade (KC) e , fator forma (KF). Os valores da média e erro padrão da média destas características em função das unidades de solos LVdt, LVdf e PVAd, para bacias selecionadas, estão apresentados na Tabelas 6, 7,8 e 9.

Tabela 6. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|------------------------------|---------------|----------|-----------|-----------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Área (A) (km ²) | Media | 2,333 | 2,460 | 0,741 (ns) |
| | Desvio padrão | 3,169 | 2,033 | 0,382 |
| | CV (%) | 135,8 | 82,6 | 51,5 |
| Perímetro (P) (km) | Media | 7,536 a | 8,055 a | 4,344 b(0,08) |
| | Desvio padrão | 4,318 | 3,491 | 1,413 |
| | CV (%) | 57,3 | 43,3 | 32,5 |
| Maior Comprimento (MC) | Media | 1,896 | 1,987 | 1,135 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,273 | 0,986 | 0,569 |
| | CV (%) | 67,1 | 49,6 | 50,1 |
| Maior largura (ML) | Media | 1,165 | 1,285 | 0,883 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,708 | 0,498 | 0,191 |
| | CV (%) | 60,7 | 38,7 | 21,6 |
| Índice de Circularidade (IC) | Media | 0,395 b | 0,425 ab | 0,481 a(0,03) |
| | Desvio padrão | 0,0780 | 0,073 | 0,071 |
| | CV (%) | 19,7 | 17,2 | 14,8 |
| Índice de sinuosidade | Media | 1,080 | 1,058 | 1,044 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,072 | 0,053 | 0,043 |
| | CV (%) | 6,7 | 5,0 | 4,1 |
| Kc | Media | 1,6062 a | 1,5412 ab | 1,4416 b (0,07) |
| | Desvio padrão | 0,1902 | 0,1591 | 0,1177 |
| | CV (%) | 11,8 | 10,3 | 8,2 |
| Kf | Media | 0,6849 | 0,6291 | 0,6958 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,4995 | 0,3433 | 0,3127 |
| | CV (%) | 72,9 | 54,6 | 44,9 |

- Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.
- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 7. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|------------------------------|---------------|---------|----------|----------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Área (A) (km ²) | Media | 3,143 | 3,692 | 0,830 (ns) |
| | Desvio padrão | 2,264 | 3,986 | 0,358 |
| | CV (%) | 72,0 | 107,9 | 43,1 |
| Perímetro (P) (km) | Media | 9,389 a | 10,185 a | 4,790 b(0,08) |
| | Desvio padrão | 3,962 | 5,328 | 1,407 |
| | CV (%) | 42,2 | 52,3 | 29,4 |
| Maior Comprimento (MC) | Media | 2,408 a | 2,816 a | 1,239 b (0,08) |
| | Desvio padrão | 1,063 | 1,741 | 0,555 |
| | CV (%) | 44,1 | 61,8 | 44,8 |
| Maior largura (ML) | Media | 1,4627 | 1,3809 | 0,9610 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,6589 | 0,5121 | 0,1371 |
| | CV (%) | 45,0 | 37,1 | 14,3 |
| Índice de Circularidade (IC) | Media | 0,40305 | 0,39497 | 0,45820 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,06688 | 0,07034 | 0,08759 |
| | CV (%) | 16,6 | 17,8 | 19,1 |
| Índice de sinuosidade | Media | 1,1193 | 1,1412 | 1,1391 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,1004 | 0,1956 | 0,0692 |
| | CV (%) | 8,9 | 17,1 | 6,1 |
| Kc | Media | 1,5803 | 1,5985 | 1,4825 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,1377 | 0,1478 | 0,1481 |
| | CV (%) | 8,7 | 9,2 | 9,9 |
| Kf | Media | 0,5422 | 0,4965 | 0,6341 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,2812 | 0,2500 | 0,3101 |
| | CV (%) | 51,9 | 50,4 | 48,9 |

- Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.
- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 8. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 3ª ordem de magnitude em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|------------------------------|---------------|--------|--------|-------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Área (A) (km ²) | Media | 12,87 | 11,25 | 12,59 (ns) |
| | Desvio padrão | 9,44 | 12,15 | 4,15 |
| | CV (%) | 73,3 | 108,0 | 32,9 |
| Perímetro (P) (km) | Media | 19,776 | 17,701 | 22,141 (ns) |
| | Desvio padrão | 8,456 | 9,301 | 5,512 |
| | CV (%) | 42,5 | 52,5 | 24,9 |
| Maior Comprimento (MC) | Media | 5,257 | 4,841 | 6,523 (ns) |
| | Desvio padrão | 2,702 | 3,016 | 1,627 |
| | CV (%) | 51,4 | 62,3 | 24,9 |
| Maior largura (ML) | Media | 3,035 | 2,526 | 2,795 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,431 | 0,965 | 0,914 |
| | CV (%) | 47,1 | 38,2 | 32,7 |
| Índice de Circularidade (IC) | Media | 0,3753 | 0,4078 | 0,3293 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,0567 | 0,0779 | 0,08547 |
| | CV (%) | 15,1 | 19,1 | 25,9 |
| Índice de sinuosidade | Media | 1,1904 | 1,1442 | 1,1000 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,2484 | 0,1136 | 0,0210 |
| | CV (%) | 20,9 | 9,9 | 1,9 |
| Kc | Media | 1,6352 | 1,5756 | 1,7601 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,1368 | 0,1586 | 0,2329 |
| | CV (%) | 69,5 | 10,1 | 13,2 |
| Kf | Media | 0,5163 | 0,5102 | 0,3028 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,3136 | 0,2357 | 0,0855 |
| | CV (%) | 60,7 | 46,2 | 28,2 |

* Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.

- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 9. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das microbacias hidrográficas de 4ª ordem de magnitude em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|------------------------------|---------------|----------|-----------------|------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Área (A) (km ²) | Media | 55,08 b | 144,65 a (0,01) | *. |
| | Desvio padrão | 23,13 | 63,57 | |
| | CV (%) | 41,9 | 43,4 | |
| Perímetro (P) (km) | Media | 43,49 b | 75,56 a (0,03) | * |
| | Desvio padrão | 14,55 | 8,49 | |
| | CV (%) | 33,5 | 11,2 | |
| Maior Comprimento (MC) | Media | 12,334 b | 20,225 a (0,09) | .* |
| | Desvio padrão | 4,891 | 4,620 | |
| | CV (%) | 39,7 | 22,8 | |
| Maior largura (ML) | Media | 5,649 b | 9,545 a (0,05) | * |
| | Desvio padrão | 1,499 | 3,363 | |
| | CV (%) | 26,5 | 35,2 | |
| Índice de Circularidade (IC) | Media | 0,3708 | 0,3086 (ns) | .* |
| | Desvio padrão | 0,0834 | 0,0701 | |
| | CV (%) | 22,5 | 22,7 | |
| Índice de sinuosidade | Media | 1,1422 | 1,1795 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,0903 | 0,0956 | |
| | CV (%) | 7,9 | 8,1 | |
| Kc | Media | 1,6593 | 1,8056 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,2065 | 0,2064 | |
| | CV (%) | 12,4 | 11,4 | |
| Kf | Media | 0,3844 | 0,3451 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,1126 | 0,0022 | |
| | CV (%) | 29,3 | 0,6 | |

* - não foi encontrada microbacia hidrográfica com predomínio deste tipo de solo.

- Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.

- (ns) não significativo ao teste de F

Os elementos dimensionais foram analisados para diferentes unidades de solos, para bacias de 1^a a 4^a ordem de magnitude.

Segundo apresentado na Tabela 6, o coeficiente de compactidade (kc) do Argissolo (PVAd) apresentou diferença estatística ao teste de F(0,07), quanto comparado aos Latossolos (LVdf e LVdt), para microbacias de 1^a ordem, revelando que os Latossolos apresentaram menor susceptibilidade à enchentes. Simultaneamente ao coeficiente de compactidade, o índice de circularidade (IC), apresentou diferença estatística F(0,03), entre os respectivos solos, sendo que quando o (IC) tende para a unidade à bacia se aproxima da forma circular (alta propensão a enchentes) mostrando que o Argissolo apresenta maior susceptibilidade a enchentes para bacias de primeira ordem de magnitude. Segundo FIGURA 19, seguindo classificação de SILVA & MELO (2006), para o parâmetro Kc, pode-se identificar as áreas potenciais a enchentes e deflúvio na bacia do rio Uberaba, sendo que 12,39% da bacia (299,8km²) apresenta tendência mediana a grandes enchentes e 87,61% (2119,19km²) não apresenta tendência a grandes enchentes.

A área da microbacia é uma característica determinante para o total do escoamento superficial das chuvas. Para bacias de primeira a terceira ordem, não se observou diferença estatística entre os solos estudados para este parâmetro. Contudo, para bacias de 4^a ordem de magnitude (Tabela 9), o LVdt apresentou maior valor médio de área 144,65 km² quando comparado ao LVdf 55,08 km², mostrando que o LVdt apresenta maior escoamento total para bacias de quarta ordem, satisfazendo os princípios de STRAHLER (1957).

Os valores médios do perímetro e maior comprimento (Tabela 6, 7 e 9) aumentam sucessivamente com o aumento da ordem da bacia, apresentando valores médios maiores nos solos com menor movimentação topográfica, semelhante aos dados observados por PISSARRA (2002).

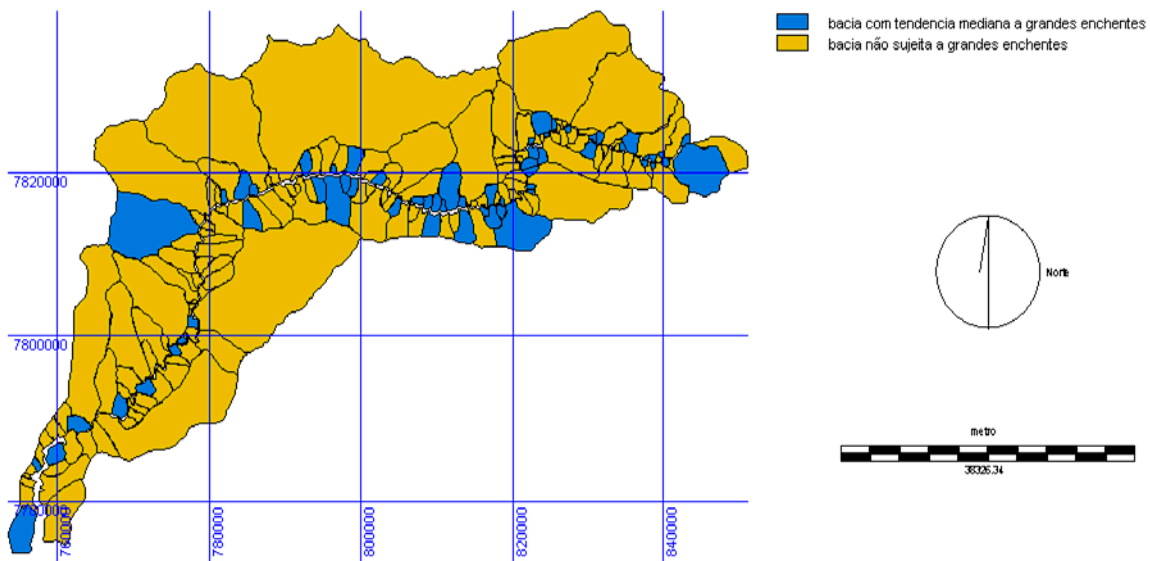


Figura 19. Áreas potenciais a enchente e deflúvio, seguindo classificação de SILVA & MELO(2006).

3.2.2 - Variáveis correlacionadas à rede de drenagem e relevo.

As seguintes características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem foram determinadas, sendo: comprimento total da rede de drenagem (Cr), comprimento total dos canais por ordem(CTW), número de segmentos de rios (N),densidade de drenagem(Dd),comprimento de rampa médio do escoamento superficial(CR) e coeficiente de rugosidade(RN) e declividade média (DM). Os valores da média e erro padrão da média destas características em função das unidades de solos LVdt, LVdf e PVAd, para bacias de 1^a a 4^a ordem, estão apresentados na TABELAS 10,11 e 12.

Tabela 10. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem das microbacias de 1ª ordem em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|---|---------------|----------|----------|-----------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Comp. Curso d água principal (km) | Media | 1,1213 | 1,3181 | 0,8898 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,9526 | 0,9626 | 0,3395 |
| | CV (%) | 84,9 | 73,0 | 38,2 |
| Comp. talvegue (km) | Media | 1,040 | 1,211 | 0,854 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,857 | 0,844 | 0,326 |
| | CV (%) | 82,4 | 69,7 | 38,2 |
| Comp. total rede de drenagem (km) | Media | 1,1132 | 1,2733 | 0,9897 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,7615 | 0,7443 | 0,3408 |
| | CV (%) | 68,4 | 58,5 | 34,4 |
| Densidade de drenagem,(km/km ²) | Media | 0,9114 b | 0,7355 b | 1,5559 a (0,02) |
| | Desvio padrão | 0,7846 | 0,5383 | 0,7350 |
| | CV (%) | 86,1 | 73,2 | 47,2 |
| Comp. de rampa médio (km) | Media | 0,473 | 0,935 | 0,189 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,338 | 1,384 | 0,078 |
| | CV (%) | 71,5 | 148,02 | 41,3 |
| RN (Adimensional) | Media | 3,947b | 5,913b | 13,758a (0,001) |
| | Desvio padrão | 3,113 | 5,157 | 5,720 |
| | CV (%) | 78,9 | 87,2 | 41,6 |
| Declividade Média(DM) (%) | Media | 4,819b | 7,513a | 9,164a (0,001) |
| | Desvio padrão | 2,595 | 2,890 | 1,732 |
| | CV (%) | 53,8 | 38,5 | 18,9 |

* Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.

- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 11. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem das microbacias de 2ª ordem em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|--|---------------|----------|----------|-----------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Comp. Curso d água principal (km) | Media | 1,966 | 2,271 | 1,090 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,131 | 1,825 | 0,694 |
| | CV (%) | 57,5 | 80,4 | 63,7 |
| Comp. talvegue(km) | Media | 1,797 | 2,020 | 0,974 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,074 | 1,642 | 0,645 |
| | CV (%) | 57,8 | 81,3 | 66,2 |
| Comp. total rede de drenagem (km) | Media | 2,861 | 2,987 | 1,700 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,712 | 2,393 | 1,039 |
| | CV (%) | 59,8 | 80,1 | 61,1 |
| Densidade de drenagem, (km/km ²) | Media | 1,2656 b | 0,9374 b | 1,9494 a(0,015) |
| | Desvio padrão | 0,8956 | 0,3296 | 0,3072 |
| | CV (%) | 70,7 | 35,2 | 15,8 |
| Comp.de rampa médio (km) | Media | 0,2795 b | 0,3000 b | 0,1304 a (0,09) |
| | Desvio padrão | 0,1687 | 0,1159 | 0,0181 |
| | CV (%) | 60,4 | 38,6 | 13,9 |
| Comprimento de ordem 1 | Media | 1,405 | 1,688 | 1,269 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,840 | 1,621 | 0,590 |
| | CV (%) | 59,8 | 96,0 | 46,4 |
| Comprimento de ordem 2 | Media | 1,456 | 1,298 | 0,431 (ns) |
| | Desvio padrão | 1,081 | 1,107 | 0,452 |
| | CV (%) | 74,2 | 85,2 | 104,8 |
| RN (Adimensional) | Media | 5,903b | 6,773b | 19,300a (0,001) |
| | Desvio padrão | 4,099 | 4,495 | 3,355 |
| | CV (%) | 69,4 | 66,4 | 17,3 |
| Declividade Média (%) | Media | 4,888b | 6,780 a | 10,216a (0,001) |
| | Desvio padrão | 2,313 | 3,070 | 2,954 |
| | CV (%) | 47,3 | 45,2 | 28,9 |

- Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.
- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 12. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem das microbacias de 3ª ordem em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|--|---------------|-----------|-----------|------------------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Comp. curso d água principal (km) | Media | 5,524 | 4,524 | 6,743 (ns) |
| | Desvio padrão | 2,822 | 2,602 | 1,012 |
| | CV (%) | 51,0 | 57,5 | 15,0 |
| Comp. talvegue(km) | Media | 4,602 | 4,142 | 6,140 (ns) |
| | Desvio padrão | 2,298 | 2,892 | 1,012 |
| | CV (%) | 49,9 | 69,8 | 16,5 |
| Comp. total rede de drenagem(km) | Media | 12,900 b | 9,223 b | 21,188 a (0,04) |
| | Desvio padrão | 7,735 | 7,497 | 5,084 |
| | CV (%) | 59,9 | 81,2 | 23,9 |
| Densidade de drenagem, (km/km ²) | Media | 1,2598 | 1,0291 | 1,7809 (ns) |
| | Desvio padrão | 0,7579 | 0,4671 | 0,5206 |
| | CV (%) | 60,1 | 45,3 | 29,2 |
| Comp. de rampa médio (km) | Media | 0,23546 a | 0,28022 a | 0,14985 b (0,05) |
| | Desvio padrão | 0,0813 | 0,10032 | 0,04906 |
| | CV (%) | 34,5 | 35,8 | 32,7 |
| Comprimento de ordem 1 | Media | 6,254 b | 3,953 b | 11,068 a (0,01) |
| | Desvio padrão | 4,341 | 2,422 | 3,676 |
| | CV (%) | 69,4 | 61,2 | 33,2 |
| Comprimento de ordem 2 | Media | 3,233 | 3,207 | 4,199 (ns) |
| | Desvio padrão | 2,480 | 4,422 | 2,170 |
| | CV (%) | 76,7 | 137,8 | 51,6 |
| Comprimento de ordem 3 | Media | 3,412 b | 2,062 c | 5,921 a (0,004) |
| | Desvio padrão | 2,075 | 1,372 | 1,188 |
| | CV (%) | 60,8 | 66,5 | 20,0 |
| RN (Adimensional) | Media | 6,318b | 6,690b | 18,220a (0,001) |
| | Desvio padrão | 3,840 | 4,520 | 5,070 |
| | CV (%) | 60,7 | 67,5 | 27,8 |
| Declividade Média (%) | Media | 15,24 | 6,21 | 10,26(ns) |
| | Desvio padrão | 46,50 | 2,67 | 0,51 |
| | CV (%) | 305,1 | 42,9 | 4,9 |

* Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.

- (ns) não significativo ao teste de F

Tabela 13. Valores da média e desvio padrão das características dimensionais das variáveis relativas às redes de drenagem das microbacias de 4ª ordem em função das unidades solos avaliadas.

| Característica | Valor | Solo | | |
|--|---------------|---------|----------------|------|
| | | LVdf | LVdt | PVAd |
| Comp. Curso d água principal. (km) | Media | 14,579 | 23,568 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 6,171 | 7,345 | |
| | CV (%) | 42,3 | 31,1 | |
| Comp. talvegue(km) | Media | 12,600 | 19,795 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 4,967 | 4,624 | |
| | CV (%) | 39,4 | 23,3 | |
| Comp. total rede de drenagem (km) | Media | 50,75 b | 121,74a(0,04) | * |
| | Desvio padrão | 18,96 | 72,85 | |
| | CV (%) | 37,3 | 59,84 | |
| Densidade de drenagem(km/km ²) | Media | 0,9656 | 0,8091 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,1677 | 0,1480 | |
| | CV (%) | 17,3 | 18,3 | |
| Comprimento de rampa médio(km) | Media | 0,2654 | 0,3142 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,0454 | 0,0574 | |
| | CV (%) | 17,1 | 18,2 | |
| Comprimento de ordem 1 | Media | 22,44b | 53,59a (0,05) | * |
| | Desvio padrão | 11,46 | 28,16 | |
| | CV (%) | 51,1 | 52,5 | |
| Comprimento de ordem 2 | Media | 12,362b | 32,078a (0,04) | * |
| | Desvio padrão | 6,520 | 17,618 | |
| | CV (%) | 52,7 | 54,9 | |
| Comprimento de ordem 3 | Media | 6,056 | 15,623 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 3,423 | 15,875 | |
| | CV (%) | 56,5 | 101,6 | |
| Comprimento de ordem 4 | Media | 9,891 | 20,451 (ns) | * |
| | Desvio padrão | 8,849 | 11,196 | |
| | CV (%) | 89,4 | 54,7 | |
| RN (Adimensional) | Media | 5,352 | 3,850(ns) | * |
| | Desvio padrão | 1,085 | 1,457 | |
| | CV (%) | 20,2 | 37,8 | |
| Declividade Média (%) | Media | 5,524 | 4,674(ns) | * |
| | Desvio padrão | 0,4911 | 0,9471 | |
| | CV (%) | 8,8 | 20,2 | |

* - não foi encontrada microbacia hidrográfica com predomínio deste tipo de solo

- Médias com mesma letra não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey em cada microbacia hidrográfica dentro de cada unidade de solo.

- (ns) não significativo ao teste de F

Segundo resultados mostrados na Tabela 10 a densidade de drenagem (Dd) do Argissolo (PVAd) ($1,55 \text{ km/km}^2$) apresentou diferença estatística ao teste de F(0,02), quanto comparado aos Latossolos (LVdf e LVdt), ($0,91$ e $0,73 \text{ km/km}^2$) para microbacias de 1ª ordem, revelando que o Argissolo apresenta maior eficiência da drenagem quando comparado aos Latossolos. Seguindo a mesma convergência, para microbacias de 2ª ordem (Tabela 11), a densidade de drenagem do Argissolo (PVAd) apresentou diferença estatística ao teste de F(0,01), quanto comparado aos Latossolos. PISSARRA (2002) afirma que a densidade de drenagem nos Argissolos é maior, sendo classificada como média a alta, e nos Latossolos é menos ramificada sendo classificada como média, confirmando os relatos apresentados acima.

ROCHA & KURTZ (2001) afirmam que na comparação entre duas ou mais microbacias, sendo o valor da Dd conceituado como “pequeno”, ocorre o predomínio da existência de rochas resistentes, ou solo muito permeável, ou cobertura vegetal densa, ou relevo suave, sendo possível à concomitância dos mesmos. Contudo, para Dd classificada como “grande” deve-se associá-la à presença de rochas pouco resistentes, ou solo impermeável, ou pequena cobertura vegetal, ou relevo acidentado, sendo possível a concomitância dos mesmos. Desta forma, os Latossolos apresentam menores valores de Dd devido provavelmente ao relevo ser mais suave e maior permeabilidade, e ao processo de intemperismo mais avançado, desenvolvendo uma drenagem menos dissecada nas porções mais elevadas do relevo da bacia.

Desta forma, a análise da rede de drenagem refletiu as diferenças entre as unidades de mapeamento de solos, como confirmam DEMATTÊ & DEMETRIO (1996) e PISSARRA (2002), entre outros pesquisadores.

Observando-se os valores médios da declividade (Tabelas 10 e 11) verificamos que a inclinação dos interflúvios no Argissolo apresentou diferença estatística ao teste de F(0,001), para microbacias de 1ª e 2ª ordem quando comparado aos Latossolos. Nos Argissolos a declividade é mais acentuada, gerando maior velocidade do escoamento superficial da água das chuvas, favorecendo maior esculturação da paisagem, sendo esta observação também confirmada por PISSARRA (2002). Desta forma, o coeficiente RN (**Ruggdeness Number**), conceituado como o produto da

densidade de drenagem pela declividade média, apresentou diferença estatística ao teste de F(0,001) entre o Argissolo (PVAd) e o Latossolos (LVdf, LVdt), para microbacias de 1^a, 2^a e 3^a ordem, revelando que o Argissolo apresenta maiores valores de RN quando comparado aos Latossolos, havendo possivelmente restrições quanto ao uso potencial deste solos. PISSARRA (2002), analisando o coeficiente RN, entre Latossolos e Argissolos, confirmou que os maiores valores de RN são encontrados nos argissolos.

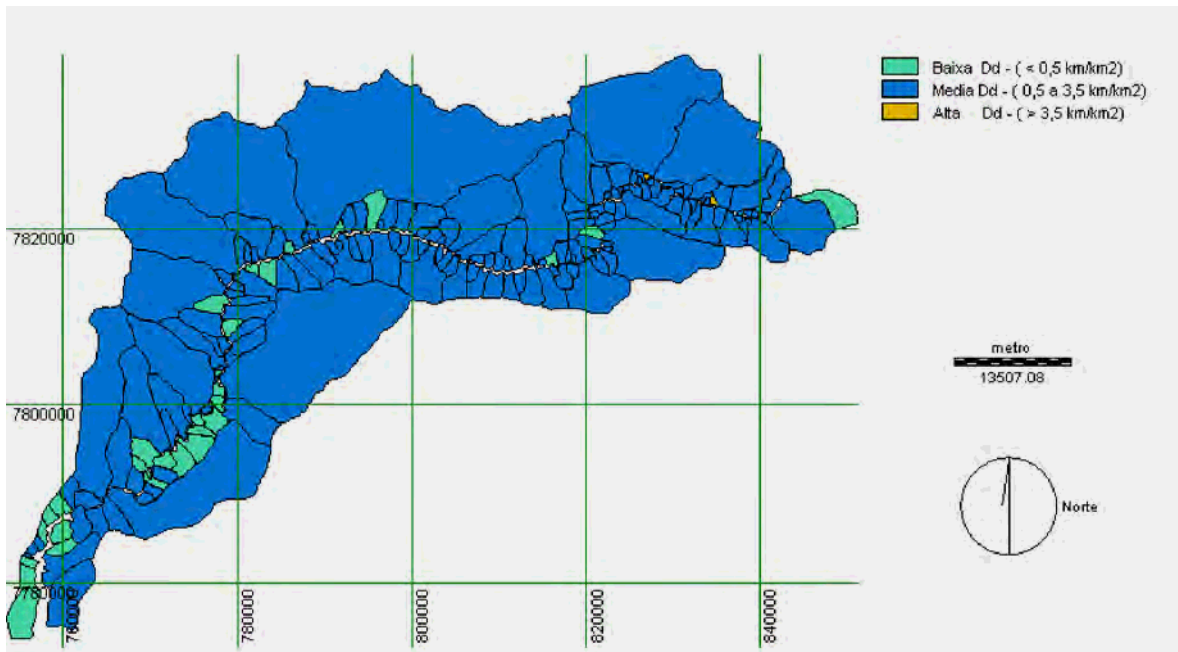


Figura 20. Densidade de drenagem (km/km^2) da bacia do rio Uberaba, seguindo classificação de Villela e Mattos (1975).

3.3. Classificação do uso potencial do solo.

Na avaliação do uso potencial do solo, baseado no diagnóstico físico-conservacionista que caracteriza o uso preferencial da terra na microbacia, a partir da determinação do Coeficiente de Rugosidade (**Ruggdeness Number – RN**), foram determinados os parâmetros de amplitude de variação e o intervalo do coeficiente de

rugosidade (RN) para cada microbacia e classe de solo predominante, de acordo com a metodologia de ROCHA e KURTZ (2001).

Amplitude (A) = valor máximo de RN – valor mínimo de RN

Intervalo (I) = Amplitude (A)/ número de classes

Os valores de amplitude (A) para as três unidades de solos são:

$$A \text{ (LVdf)} = (21,502196 - 0,284001) = 21,218196$$

$$A \text{ (LVdt)} = (23,392322 - 0,672970) = 22,719352$$

$$A \text{ (PVAd)} = (23,854591 - 8,972087) = 14,882505$$

Na estimativa do intervalo (I), considerando-se quatro classes para o uso potencial do solo apresentam-se os seguintes intervalos:

$$I \text{ (LVdf)} = 21,218196 / 4 = 5,304549$$

$$I \text{ (LVdt)} = 22,719352 / 4 = 5,679838$$

$$I \text{ (PVAd)} = 14,882505 / 4 = 3,720626$$

A estimativa da classe do uso potencial do solo para cada microbacia é efetuada de acordo com os valores obtidos do intervalo (I) do coeficiente de rugosidade (RN) e apresenta-se na Tabela 14.

Tabela 14. Estimativa da classe de uso potencial do solo segundo os coeficientes de rugosidade.

| Uso Potencial | Solos | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | LVdf | LVdt | PVAd |
| A | 0,28 a 5,59 | 0,67 a 6,35 | 8,97 a 12,69 |
| B | 5,60 a 10,89 | 6,36 a 12,03 | 12,70 a 16,41 |
| C | 10,90 a 16,20 | 12,04 a 17,71 | 16,42 a 20,13 |
| D | 16,21 a 21,50 | 17,72 a 23,39 | 20,13 a 23,85 |

A – Solos potenciais para a agricultura; B – Solos potenciais para pastagens; C – Solos potenciais para pastagem/reflorestamento; D – Solos potenciais para reflorestamento.

Para as microbacias hidrográficas do rio Uberaba, obteve-se as classes de uso potencial do solo apresentado na Tabela 19 em anexo.

Analisando a Tabela 19 e Figura 21, observa-se que na bacia hidrográfica do rio Uberaba 47,12% da área indica o uso potencial do solo para agricultura, enquanto que 36,37% para pecuária, 11,86% para pecuária e reflorestamento e 1,4% para reflorestamento. Verifica-se que o principal potencial de uso do solo refere-se à agricultura e pecuária, totalizando 83,49%. Tal resposta baseou-se na correlação existente entre o uso potencial do solo com o grau de movimentação topográfica e as respectivas características da rede de drenagem, reafirmando as observações verificadas por PISSARRA (2002).

Na análise dos valores de amplitude, observa-se que os maiores valores apresentam-se nos Latossolos e os menores nos Argissolos, resultados discrepantes de PISSARRA (2002). Considera-se, portanto nesta bacia hidrográfica a maior homogeneidade entre as microbacias localizadas nos Argissolos.

Quanto aos valores do intervalo (I) considerando as quatro classes para uso potencial do solo, observa-se valores mais homogêneos, relacionados com a menor movimentação topográfica. Estes dados demonstram que a análise do potencial de uso do solo deva ser realizada para cada região, onde as características morfométricas são específicas para a diferenciação entre unidades de solos, devido às diferenças existentes na formação, topografia, uso e ocupação.

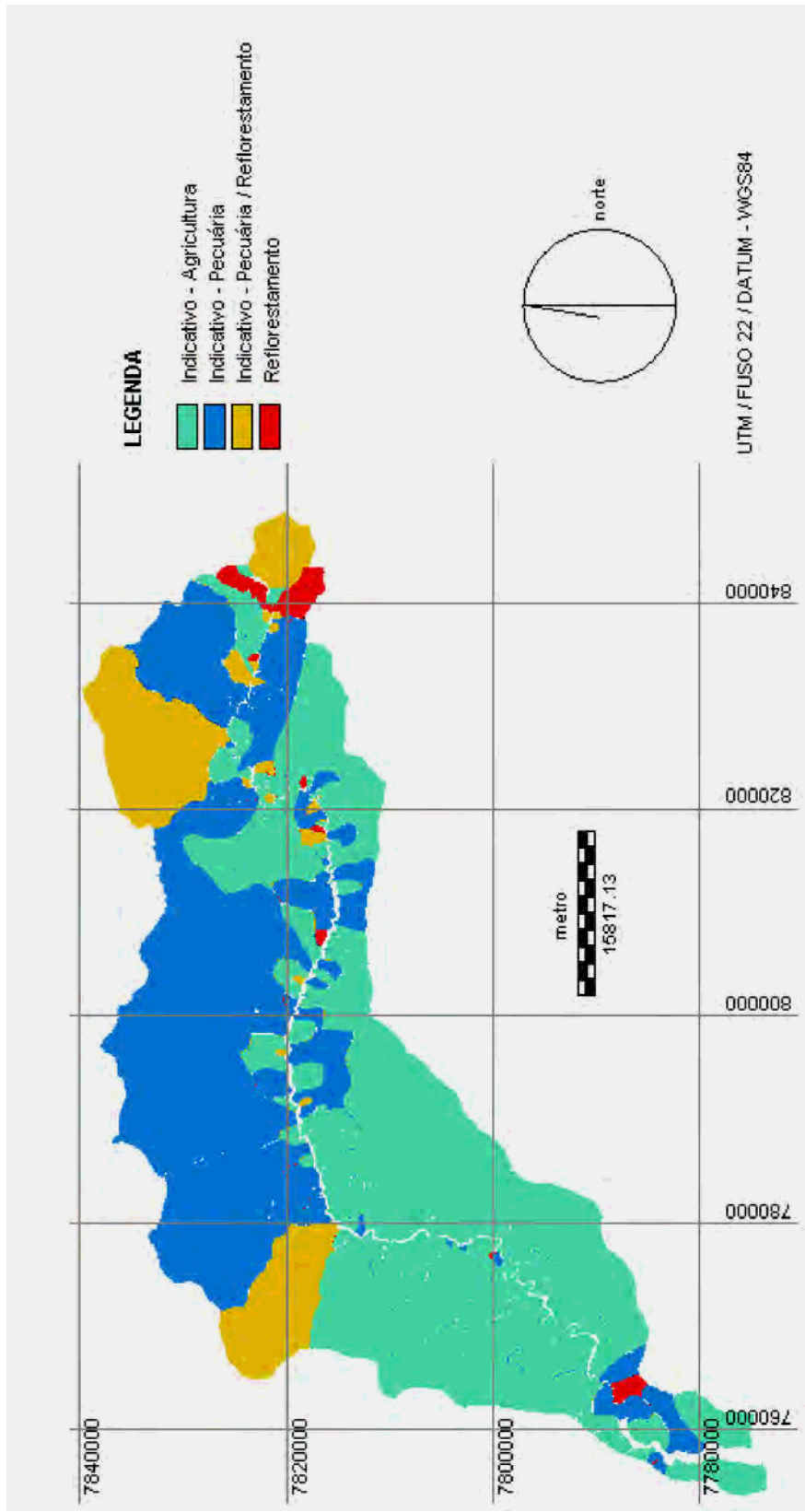


Figura 21. Classificação do uso potencial do solo das microbacias hidrográficas, e acordo com a metodologia do RN.

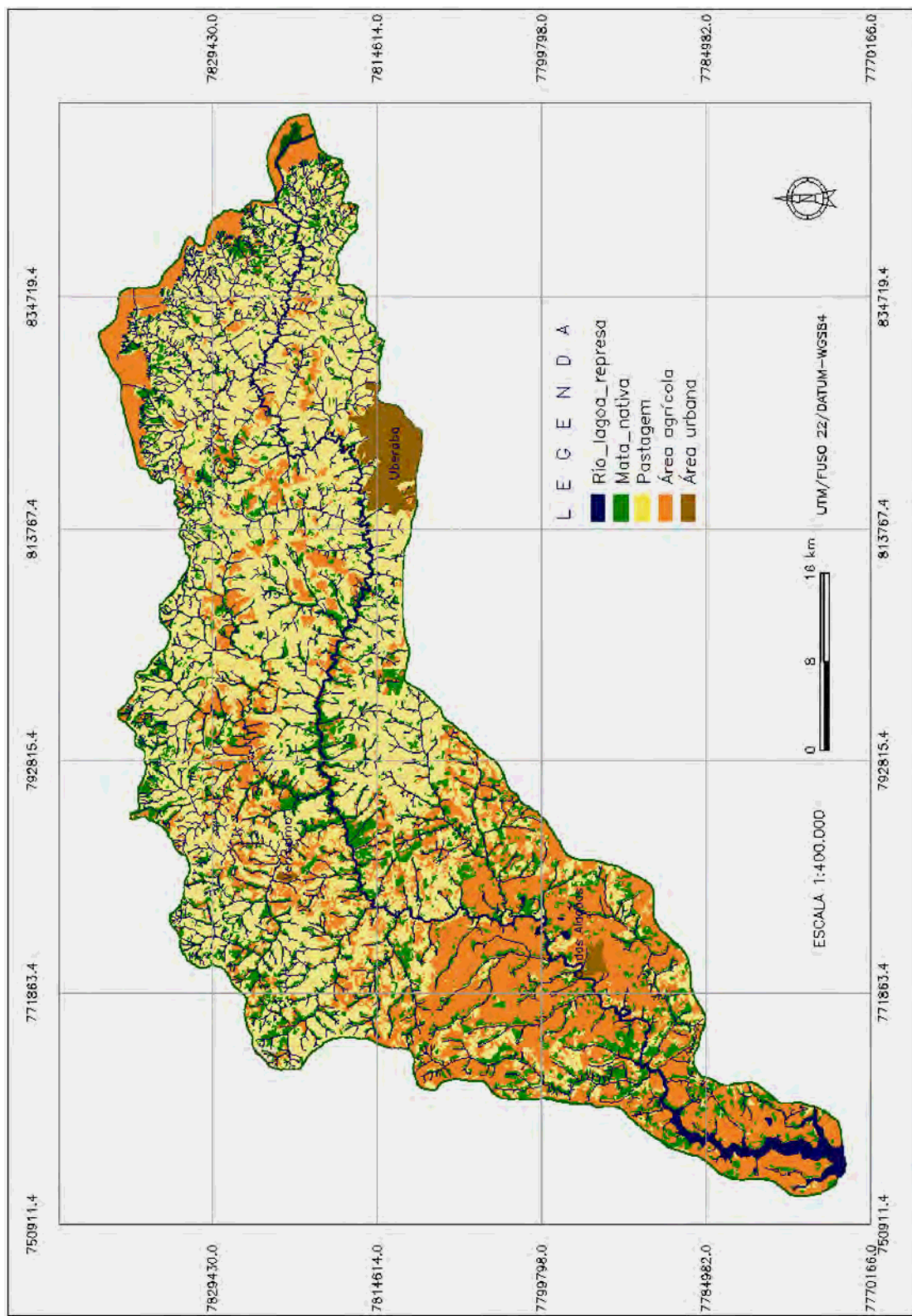


Figura 22. Uso e ocupação do solo, elaborada por classificação supervisionada (CANDIDO, 2008).

3.4. Determinação das áreas de conflito de uso na bacia.

Utilizando-se do método de classificação cruzada, no SIG IDRISI 32, conceituada como a superposição de dois planos de informação a partir do cruzamento das informações dos mapas uso potencial do solo (RN) (FIGURA 21) com o mapa uso e ocupação dos solos (Figura 22), gerou-se o mapa de comparação, apresentado na Figura 23.

O detalhamento das classes geradas na classificação por tabulação cruzada entre uso potencial do solo (RN) (1 – Indicativo Agricultura; 2- Indicativo Pecuária 3- Indicativo Pecuária/Reflorestamento 4 - Reflorestamento) e Uso e ocupação do solo (2 - Pecuária; 3- Vegetação nativa; 4-Agricultura), gerando-se doze classes distintas, sendo que somente seis classes apresentaram significância quanto aos conflitos analisados e a expansão agrícola em área de pastagem (Tabela 15).

Tabela 15. Classes obtidas por classificação por tabulação cruzada entre uso potencial do solo(RN) e Uso e ocupação do solo.

| Classes | Uso Potencial do solo RN Uso e ocupação do solo. |
|----------|---|
| 1: 2 4 | Pecuária x Agricultura – Conflito 1 |
| 2: 3 4 | Pecuária/Reflorestamento x Agricultura – Conflito 2 |
| 3: 4 4 | Reflorestamento x Agricultura – Conflito 3 |
| 4: 1 2 | Área de expansão agrícola, utilizada atualmente com Pecuária. |
| 5: 3 2 | Pecuária/Reflorestamento x Pecuária – Conflito 1. |
| 6: 4 2 | Reflorestamento x Pecuária – Conflito 2. |

Para melhor interpretação dos resultados, a Figura 23 foi reclassificada mediante uso do comando DATABASE QUERY > EDIT (seleciona-se as classes de interesse e cria-se um arquivo “avl”) e ASSIGN do software IDRISI 32, seguindo os critérios apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Critérios de reclassificação do mapa da classificação por tabulação cruzada.

| Classes da tabulação (Tabela 15) | Novas Classes para fim de Reclassificação |
|-------------------------------------|---|
| 1 e 5 | 1 – Conflito classe1 |
| 2 e 6 | 2 – Conflito classe2 |
| 3 | 3 – Conflito classe 3 |

Adotando os critérios de reclassificação apresentados acima, obteve-se o mapa representativo das áreas de conflito na bacia do rio Uberaba (FIGURA 24.)

Segundo classe 4 apresentada na Tabela 15 e Figura 25 , existem 473,47 km² na bacia do rio Uberaba que estão sendo utilizados para pastagem que podem ser utilizados para fins agrícolas, indicando o caminho menos impactante para a expansão agrícola, oriundo de áreas com pecuária instalada.

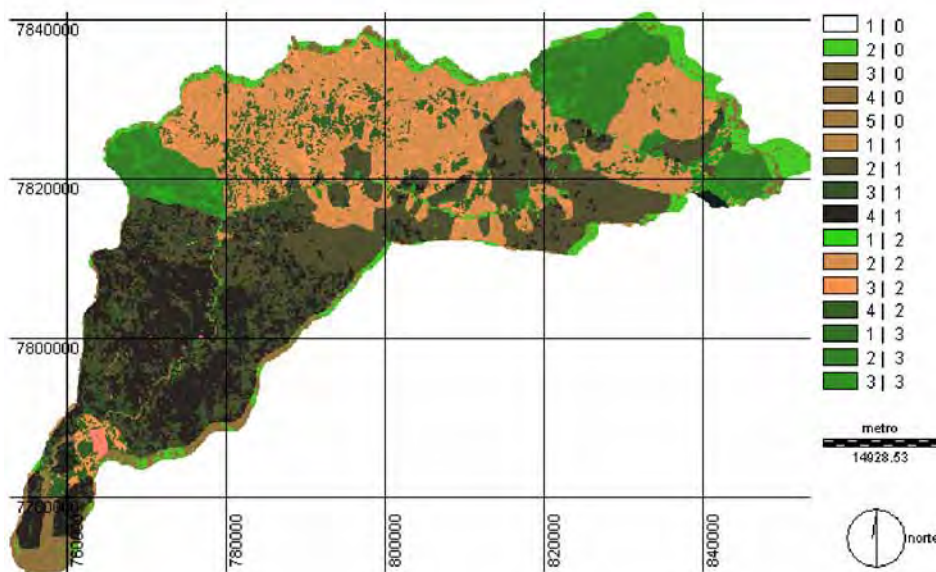


Figura 23. Mapa de tabulação cruzada entre o uso potencial do solo (RN) com o uso e ocupação dos solos na bacia do rio Uberaba.

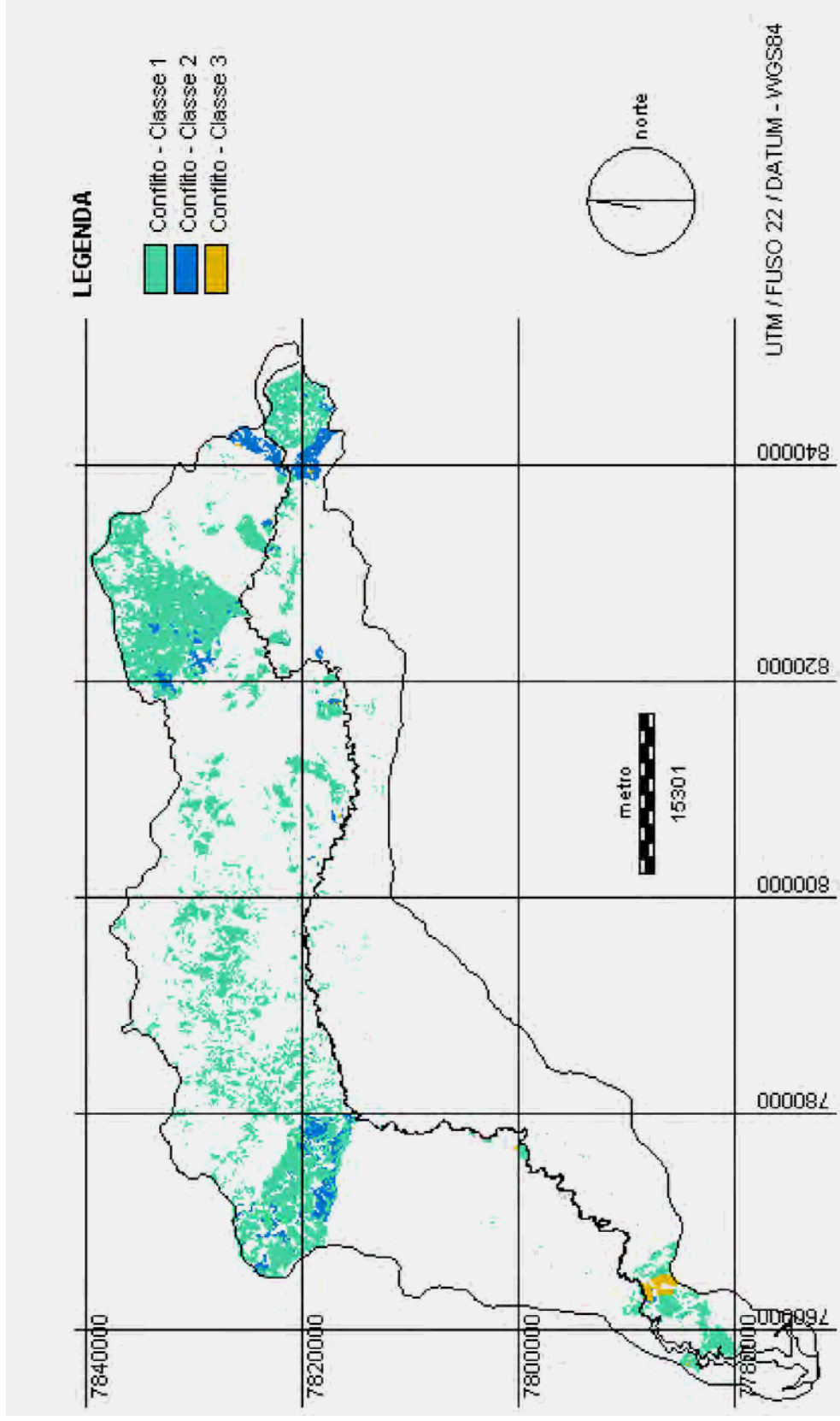


Figura 24. Mapa de conflitos ambientais quanto ao uso e ocupação dos solos, na bacia do rio Uberaba.

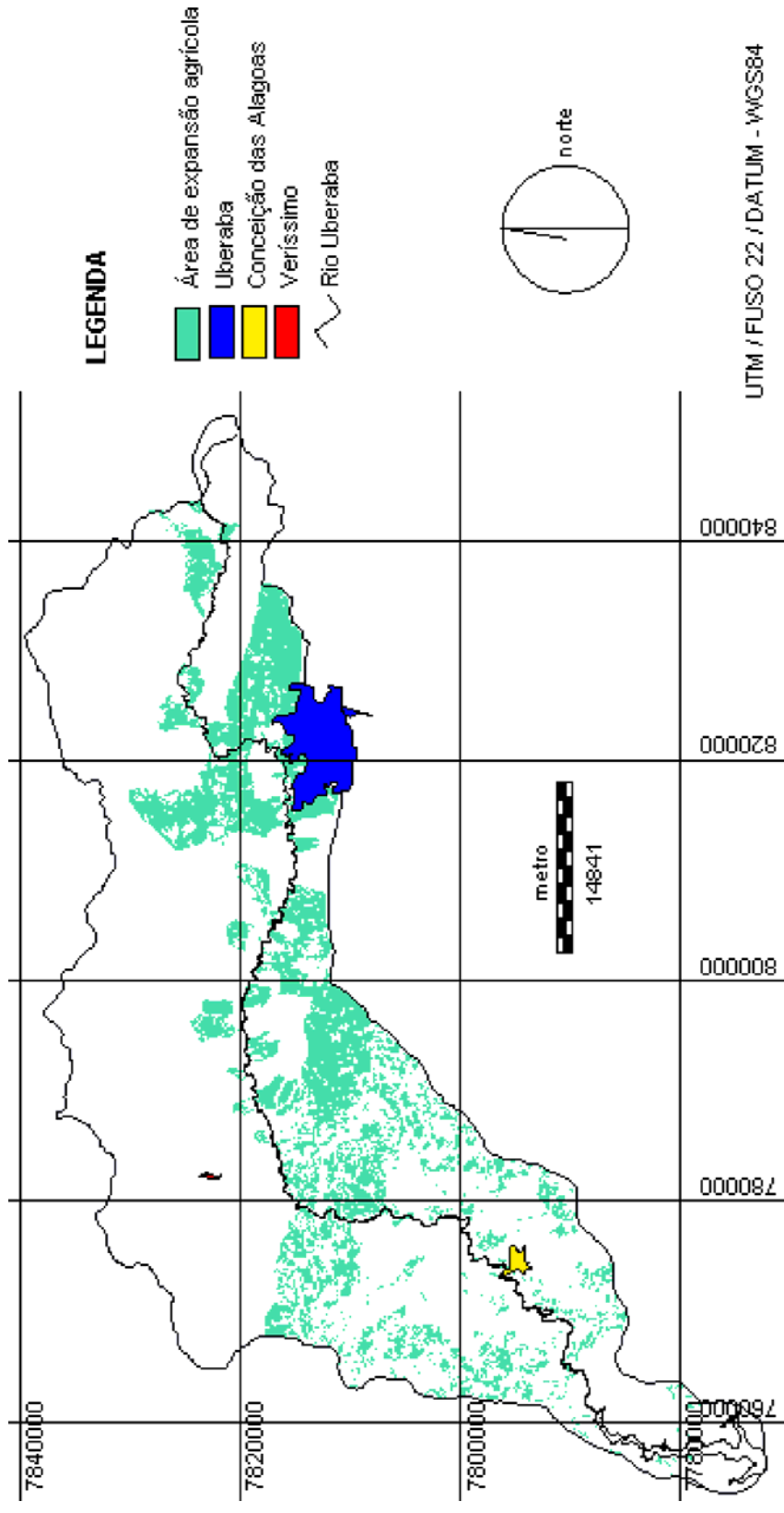


Figura 25. Mapa direcional de expansão agrícola, oriundo de áreas com pecuária instalada, na bacia do rio Uberaba.

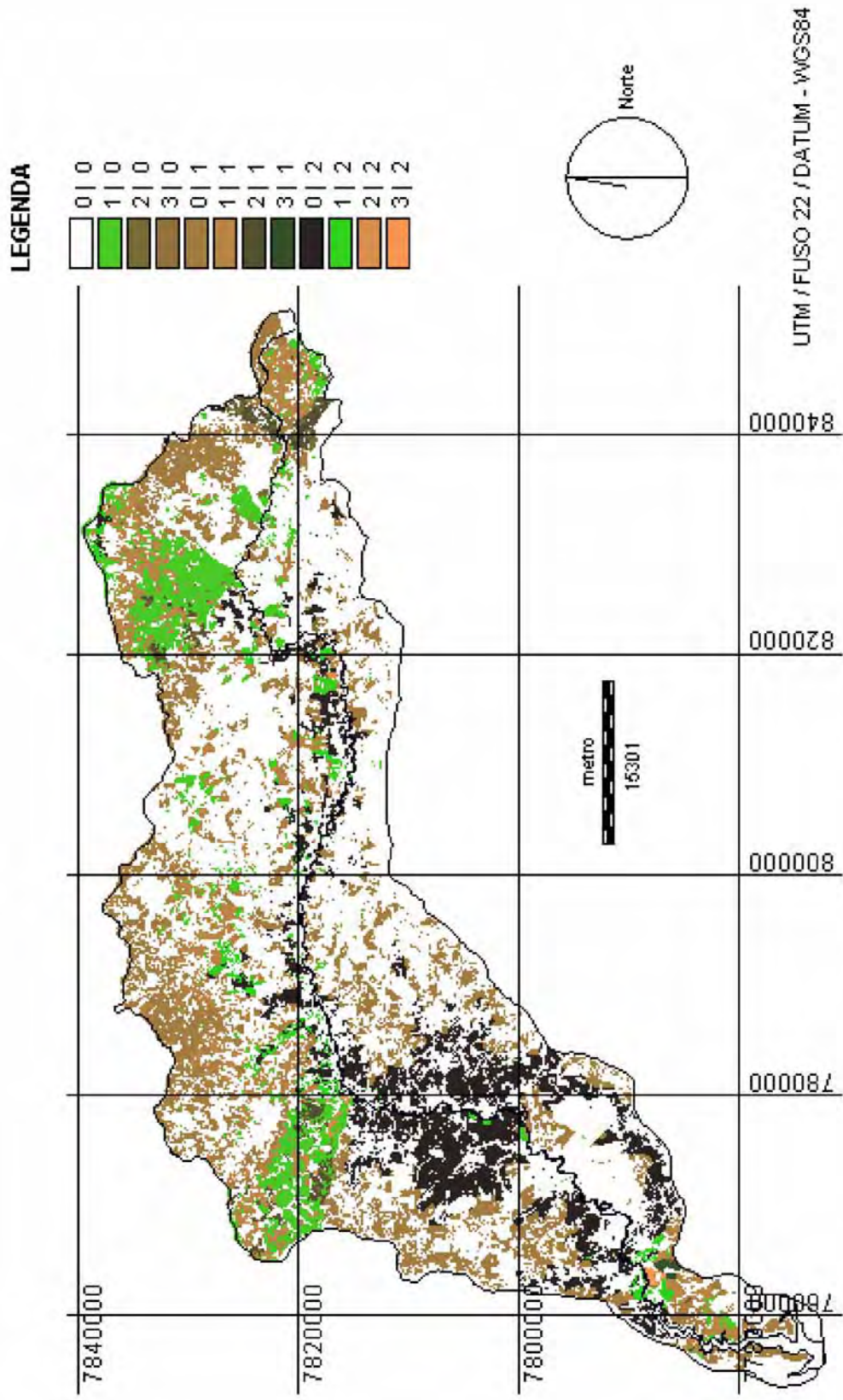


Figura 26. Mapa de tabulação cruzada entre conflitos ambientais (Figura 24) com classe de altos impactos e situação crítica na bacia do rio Uberaba (Figura 33 – Capítulo 3).

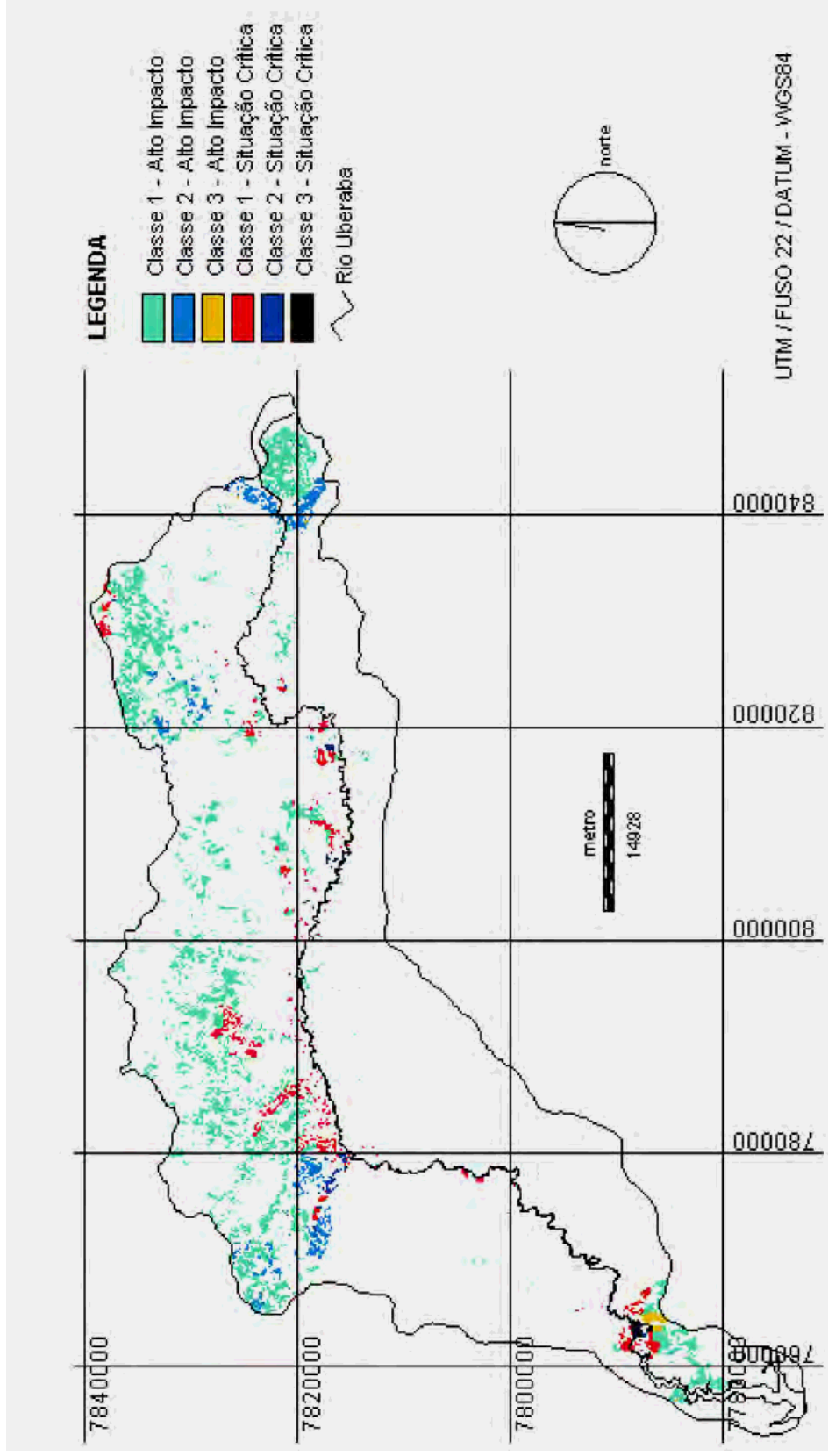


Figura 27. Mapa de conflitos ambientais correlacionados com altos impactos e situação crítica quanto à perda de solos, na bacia do rio Uberaba.

3.5. Ações mitigadoras para áreas de conflito.

A adequação do uso das terras da bacia do rio Uberaba baseado na recomendação efetuada pela metodologia do “RN” elaborada segundo ROCHA & KURTZ (2001), é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando áreas de conflito. Tentando aperfeiçoar o uso racional, vinculando-os aos conflitos existentes e, propondo ações mitigadoras para os impactos sobre o meio ambiente decorrentes da utilização indiscriminada das terras, prevenindo impactos negativos ou reduzindo sua magnitude, apresenta-se a seguir ações alternativas para redução dos respectivos impactos, de acordo com respectiva classe de conflito, elaborado após checagem em campo.

Conflito-Classe 1: Apresentam riscos ou limitações significativas quando usadas para culturas anuais e pastagens, seu uso deve ser norteado pela implementação de técnicas conjuntas de conservação do solo (caráter vegetativo e mecânico).

Recomendações:

- Plantio em nível: visando a prevenção e ou diminuição da erosão laminar; resultando em maior absorção de água pelo solo; reduzindo a perda de terra, água e fertilizantes, além de otimizar as operações com máquinas agrícolas.
- Adoção de sistema de preparo do solo que não promovam a pulverização excessiva do solo (cultivo mínimo, uso de escarificadores, etc.), de forma a deixar todo o material residual na superfície ou parcialmente incorporado ao solo.
- Manutenção e ou melhoramento das condições físicas do solo: mediante adoção de rotação de culturas, incrementando-se a produtividade aliada à conservação dos solos.
- Faixas de vegetação permanente: promove uma cobertura vegetativa que previne a erosão hídrica; provê forragem e semente, além de comida e proteção para a fauna silvestre.
- Adubações: química e orgânica: função do solo e da cultura.

- Aplicação de calcário: prática recomendada nos solos com baixo pH, norteadas pela análise do solo.
- Utilização de plantas de cobertura entre as fileiras de plantas: a prática deste tratamento adiciona matéria orgânica e nitrogênio ao solo; reduz a enxurrada e erosão da terra, contribuindo para uma maior retenção de água.
- Proteção contra o fogo: consiste em se estabelecer bordaduras do campo cultivado, sendo que estradas ou carregadores apresentam funcionalidade neste tratamento.
- Terraços em nível ou gradiente: em função dos solos é extremamente necessário nos solos declivosos, visto que reduz o comprimento de rampa, prevenindo a concentração de água, e transportando lentamente seu excesso.
- Manutenção anual dos terraços.
- Distribuição de animais, por unidade de área, observando-se sua capacidade de suporte da pastagem.
- Pastoreio rotacional.
- Utilização e trato das pastagens de acordo com o tipo de exploração pecuária

Conflito-Classe 2: Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagem, reflorestamento ou preservação ambiental.

Recomendações:

- Plantio em nível: visando a prevenção e ou diminuição da erosão laminar; resultando em maior absorção de água pelo solo; reduzindo a perda de terra, água e fertilizantes, além de otimizar as operações com máquinas agrícolas.
- Faixas de vegetação permanente: promove uma cobertura vegetativa que previne a erosão hídrica; provê forragem e semente, além de comida e proteção para a fauna silvestre.
- Adubações: química e orgânica: função do solo e da cultura.

- Aplicação de calcário: prática recomendada nos solos com baixo pH, norteadas pela análise do solo.
- Proteção contra o fogo: consiste em se estabelecer bordaduras do campo cultivado, sendo que estradas ou carreadores apresentam funcionalidade neste tratamento.
- Terraços em nível ou gradiente: em função dos solos é extremamente necessário nos solos declivosos, visto que reduz o comprimento de rampa, prevenindo a concentração de água, e transportando lentamente seu excesso.
- Manutenção anual dos terraços.
- Distribuição de animais, por unidade de área, observando-se sua capacidade de suporte da pastagem.
- Pastoreio rotacional.
- Utilização e trato das pastagens de acordo com o tipo de exploração pecuária

Conflito-Classe 3: Terras impróprias para cultivos intensivos e pastagens, mas ainda adaptadas para reflorestamento ou preservação ambiental.

Recomendações:

- Interdição ao gado e de quaisquer outras atividades agropecuárias em escala comercial.
- Facilitar e monitorar a regeneração natural da vegetação.
- Enriquecimento da floresta: os florestamentos deverão ser heterogêneos e conter, no mínimo, 50% de espécies nativas. As mudas devem ser produzidas em viveiro florestal, para implantação posterior.
- Proibição de qualquer tipo de mineração e locação de estradas.
- Proteção contra o fogo: consiste em se estabelecer bordaduras do campo cultivado, sendo que estradas ou carreadores apresentam funcionalidade neste tratamento.

- Práticas de manejo silvicultura - poda e desbaste: O padrão produtivo e qualitativo de um talhão florestal depende, dentre outros fatores, da condução deste tratamento.

3.6. Correlação entre conflitos e impactos ambientais quanto a perda de solo, na bacia do rio Uberaba.

Utilizando-se do método de classificação cruzada, no SIG IDRISI 32 a partir do cruzamento das informações dos mapas conflitos ambientais quanto ao uso e ocupação dos solos (FIGURA 24) com o mapa classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo, na bacia do rio Uberaba (FIGURA 33 – Capítulo 3), gerou-se o mapa de comparação, apresentado na FIGURAS 26 e 27).

A Tabela 17 apresenta o detalhamento das classes geradas na classificação por tabulação cruzada entre conflitos ambientais (1 – Classe 1; 2- Classe 2 3- Classe 3) e o mapa classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo (1 – Altos impactos ; 2- Situação crítica), gerando-se seis classes distintas.

Tabela 17. Classes obtidas por classificação por tabulação cruzada entre o mapa de conflitos ambientais e o mapa classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo.

| Classes | Conflito Ambiental | Altos impactos e situação crítica. |
|----------|--------------------|------------------------------------|
| 1: 1 1 | | Classe 1 x Altos impactos |
| 2: 2 1 | | Classe 2 x Altos impactos |
| 3: 3 1 | | Classe 3 x Altos impactos |
| 4: 1 2 | | Classe 1 x Situação crítica |
| 5: 2 2 | | Classe 2 x Situação crítica |
| 6: 3 2 | | Classe 3 x Altos impactos |

Para melhor interpretação dos resultados, a Figura 26 foi reclassificada mediante uso do comando DATABASE QUERY > EDIT(seleciona-se as classes de interesse e cria-se um arquivo “avl”) e ASSIGN do software IDRISI 32, seguindo os critérios apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Critérios de reclassificação do mapa da classificação por tabulação cruzada.

| Classes da tabulação (Tabela 17) | Novas Classes para fim de Reclassificação |
|-------------------------------------|---|
| 1 | Classe 1 x Altos impactos |
| 2 | Classe 2 x Altos impactos |
| 3 | Classe 3 x Altos impactos |
| 4 | Classe 1 x Situação crítica |
| 5 | Classe 2 x Situação crítica |
| 6 | Classe 3 x Situação crítica |

Adotando os critérios de reclassificação apresentados acima, obteve-se o mapa representativo das áreas de conflito e classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo na bacia do rio Uberaba (Figura 27).

Da análise da Figura 27 verifica-se que 246,75 km² da área da bacia apresenta-se registrada tanto no mapa de conflitos ambientais quanto no mapa de altos impactos e situação crítica nas mesmas respectivas posições. A área total de conflitos ambientais determinadas para a bacia do rio Uberaba foi de 413,13 km², logo, 59,72% do total dos conflitos foi registrado também na íntegra no mapa de classes de altos impactos e situação crítica quanto à perda de solo, provando que os resultados apresentados tanto pela metodologia da EUPS (capítulo 3) quanto do Coeficiente de Rugosidade(RN), convergem para a representação real dos conflitos ambientais da bacia.

3.7. Checagem por verdade terrestre

Observando as Figuras 28 a 31, podemos comparar os conflitos ambientais quanto ao uso e ocupação, checados por verdade terrestre, efetuada em nível de campo, em 10 microbacias sorteadas ao acaso.



Figura 28. Área de plantio de cana de açúcar causando assoreamento da vereda.
(conflito classe 1 – 814140 E - 7823993 N)



Figura 29. Área de plantio de cana de açúcar.
(conflito classe 1 – 787691 E – 7786187 N)



Figura 30. Área de plantio de cana de açúcar, junto à área de preservação permanente.
(conflito classe 2 - 763319 E - 7790410 N)



Figura 31. Área de intensa atividade agrícola.
(conflito classe 3 - 764167 E - 7788419 N)

IV – CONCLUSÕES

Em conformidade com a metodologia empregada e resultados encontrados, conclui-se que:

Os parâmetros morfológicos índice de circularidade (IC) e coeficiente de compactidade (kc) são relevantes como indicadores na diferenciação de classes entre Argissolos e Latossolos, na bacia do rio Uberaba.

A densidade de drenagem (Dd) na análise de microbacias de 1ª e 2ª ordem é o melhor indicador de diferenciação das classes dos solos (Argissolos e Latossolos), sendo que os Latossolos apresentam menor eficiência da drenagem.

Os parâmetros declividade média e coeficiente RN para microbacias de 1ª e 2ª ordem, indicam diferenciação de classes de solos (Argissolos e Latossolos), sendo a inclinação dos interflúvios no Argissolo é mais acentuada.

Na avaliação da classificação do uso potencial do solo das microbacias do rio Uberaba (metodologia do RN), 1140 km² da bacia (47,12%) apresenta-se apropriada para a prática agrícola, enquanto 880 km² (36,37%) para pecuária, 287km² (11,86%) para pecuária/reflorestamento e 34 km² (1,40%) para reflorestamento.

A análise da classe de conflitos mostra que 363,80 km² da bacia (15,03%) apresentam conflito classe1 - (terras que apresentam riscos ou limitações significativas quando usadas para culturas anuais e pastagem), 43,92 km²(1,82%) classe 2 - (terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagem, reflorestamento ou preservação ambiental) e 5,41 km² (0,22%) classe 3 - (terras impróprias para cultivos intensivos e pastagem, mas ainda adaptadas para reflorestamento ou preservação ambiental).

Os resultados encontrados ao se utilizar a metodologia da EUPS (capítulo 3), convergem para a espacialização das áreas de risco ambiental, enquanto a metodologia do coeficiente de Rugosidade (RN) nos revela os conflitos ambientais quanto ao uso potencial da bacia.

V – REFERENCIAS

AB'SABER, A. N. **Formas de relevo**. São Paulo: Edart, 1982. 79 p.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

AMARAL, C. **Fotointerpretação de características de bacias hidrográficas de terceira ordem na diferenciação de unidades de solo**. 1991. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5-6, p. 37-42, 1991.

BAPTISTA, G. M. M, **Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasília: Universa, 2003.140 p.

BARACUHY, J. G. V.; KURTZ, S. M. J. M. ;KURTZ, F. C. ;DUARTE, S. M.A. ;LIMA, V. L. A. ;ROCHA, J. S. M. ; DANTAS NETO, J. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande,v. 7,n. 1, p. 159-164, 2003.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo**. 1984. 190 f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

BAUER, B. Drainage density: an integrative measure of the dynamics and the quality of watersheds **Zeitschrift fur Geomorphologie New Folge**, Berlin, v. 24, n. 3, p. 261-272, 1980.

BRASIL. Ministério da Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: levantamento de recursos naturais. Folha SE 22 Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Projeto RADAMBRASIL, 31).

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG**. 2008. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

CARDOSO, L. G. **Influência de dois métodos de seleção e de análise de bacias hidrográficas fotointerpretadas objetivando agrupamentos conforme os solos**. 1994. 181 f. Tese (Livre Docência em Topografia e Aerofotogrametria) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

CARVALHO, A. M. R.; LEE, F.; AGUIAR, M. A. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Anhangüera**, Goiânia, v. 6 n. 1, p. 57-74, 2005. Disponível em: <<http://www.anhanguera.edu.br/home/>>. Acesso em 03 abr. 2008.

CARVALHO, W. A.; PEREIRA, M. A.; PFEIFER, R. M. Fotointerpretação de bacias hidrográficas na discriminação de solos do Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo de Picinguaba, SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 27-42, 1992.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométricas das bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 9.n. 18,p. 19-34,1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)**. Tese (Livre – Docência) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Rio Claro, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 190 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Significância da densidade de drenagem para a análise geomorfológica. **Boletim Geográfico Teórico**, v. 13, n. 26, p. 27-53, 1983.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas**: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP. 2000. 211 f. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

COMSETRAN- Comitê de Seguranças no Trânsito em Uberaba. **Projeto Redescobrimdo o Rio Uberaba**. Disponível em: <<http://comsetran.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2005

COSTA, A. L. C. C. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da e Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepitam Utilizando SIG/SPRING**. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

COSTA, R. G. S.; ANTUNES, F. S.; MOURA, J. R. S. de. Impactos ambientais- uso do solo no Maciço de Mendanha e áreas circunvizinhas (zona oeste do Município do Rio de Janeiro). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 1, p. 141-142, 1999.

CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CURI, P. R. Análise de agrupamento: métodos seqüenciais, aglomerativos e hierárquicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1416-1429, 1983a.

CURI, P. R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficiente de correlação e distância. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 11, p. 1678-85, 1983b.

DAVIS, J. C. **Statistics and data analysis in geology**: 2 . ed, New York, John Wiley and Sons, 1986.

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMÉTRIO, V.A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas acidas na região de Guarapuava. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 305-311, 1996.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows**: User's guide. Massachusetts: Clark University, 1999. 367 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 3a. aproximação. Rio de Janeiro , 1988. 105 p.

EMBRAPA/EPAMIG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EPAMIG – DRNR, 1982. 526 p. (Boletim de Pesquisa, 1).

FELGUEIRAS, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. São José dos Campos: INPE, 1987. 243 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1987.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1988. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998

FERREIRA, C. C. M. Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 158p.

FERREIRA JUNIOR, P. D. ; GOMES, N. S. Petrografia e diagenese da formação uberaba, cretáceo superior da bacia do paraná no triangulo mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29,n. 2, p. 163-172, 1999.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

FREITAS, P.L. de; KER, J. C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p. 43-57.

GARBOSSA, R .A. **O controle litoestrutural na organização espacial da bacia do rio tagaçaba (Paraná):** uma análise morfométrica da rede de drenagem. 2003.136 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003..

GARCEZ, L.N. **Hidrologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 249 p.

GIOTTO, E.; KIRCHNER, F. F.; MADRUGA, P. R. A. Caracterização de parâmetros físicos da sub-bacia hidrográfica do Aroio Grande-uma aplicação do sistema georeferenciado para manejo integrado de bacias hidrográficas (SGMIBH). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v. 4, p. 2159-2177.

GRAVINA, E. G. G. ; KAFINO, C. V. ; BROD, J. A. ; BOAVENTURA, G. R. ; SANTOS, R. V. ; GUIMARAES, E. M. ; JOST, H. Proveniência de arenitos das Formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do Garimpo do Bandeira: implicações para controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 4, 545-548 p. 2002.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**. New York, v. 56. p. 807-813, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em : <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp> >. Acesso em: 03 fev. 2008.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo:ESALQ, 1986. 242 p.

LIMA, S. L. **Características da rede de drenagem e do relevo de três solos do estado de São Paulo, determinadas em fotografias aéreas e cartas planialtimétricas**. 1987. 100 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MACEDO, R. K. de. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo /FAPESP/SRT/FUNDUNESP, 1991. 169 p.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. 2. ed. Londres: Chapman & Hall, 1997. 215 p.

MARBLE, D. F.; PEUQUET, D. J. **Geographic information system and remote sensing: manual of remote sensing**. 2. ed. Falls Church: American Society of Photogrammetry, 1983. p. 923-958.

MELLO FILHO, J. A. **Direcionamento da ocupação da terra, pelo diagnóstico físico-conservacionista, das microbacias hidrográficas dos rios Alambari e Sesmaria, em Resende, RJ.** 1992. 50 f. Monografia (Trabalho de Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

MELLO FILHO, J. A.; ROCHA, J. S. M. da. Diagnóstico físico-conservacionista da sub-bacia hidrográfica do rio Sesmaria, em Resende-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p.2178-2191.

MORAIS, S. M. J. **Diagnostico quantitativo mínimo de ambiência para o manejo integrado da sub-bacia do Arroio Cadena do município de Santa Maria-RS.** 1997, 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal.) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

MUNIZ, J. N.; RIBEIRO, C. A. A. S. Interdisciplinaridade: a metodologia integrada na elaboração de planos diretores de recursos hídricos. In: PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos:** aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. p. 413-434.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000:** aplicação no município de Uberlândia - MG., 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada.** 2.ed. Piracicaba:FEALQ, 2005. 574 p.

OLIVEIRA, E. C.; SANTOS, A. R.; CANDEIRO, C. R. Localidades fossilíferas do cretáceo superior da região do triângulo mineiro (Estado de Minas Gerais, Brasil). **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.18, n. 35, p.151-167, 2006. Disponível em: < <http://www.sociedadenatureza.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=117> > . Acesso em: 20 dez. 2007.

PEREIRA FILHO, W. **Capacidade de uso da terra em função do coeficiente de rugosidade**. 1986. 48 f. Monografia (Trabalho de Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem**. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PISSARRA, T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: Comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e Fotografias aéreas verticais**. 136 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.2, p. 297-305, 2004.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.

POLITANO, W.; DEMÉTRIO, V. A.; LOPES, L. R. Caracterização da bacia hidrográfica para intervenção agrônômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., 1988, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1988. p. 1170-89.

PORTO, M. M.; ANDRADE, E. M.; COSTA, R. N. T.; LEMOS FILHO, L. C. A.; MEIRELES, M. Identificação de bacias hidrográficas com características físicas similares no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35 n. 1, p. 17-25, 2004.

PROCHNOW, M. C. R. **Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba: Subsídios ao seu planejamento e manejo**. 1990. 330 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

RIBEIRO, D. T. P. Diagênese das rochas do membro serra da galga, formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na Região de Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/10531/7465>> . Acesso em: 11 jan. 2007

ROCHA, J. S. M. **Avaliação quantitativa da capacidade de uso da terra do estado do Rio Grande do Sul**. 1977. 169 f. Tese (Livre Docência) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1977.

ROCHA, J. S. M. KURTZ, S. M. J. M. **Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2001. 282 p.

SANTOS, A. F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu-SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2004.

SANTOS, M. B. **Proposta metodologica para o planejamento do uso agrícola de vinhaça, considerando os seus aspectos ambientais, por meio de sistema de informação geográfica.** 122 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SANTOS, L.; BACARRO, C. A. D. Caracterização geomorfológica da bacia do rio Tijuco. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.11, p. 1-21, 2004.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bed-lands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of Geological Society of America**, Colorado, v. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, A. M.; MELO, C. R.; **Bacia hidrográfica: teoria.** Lavras, UFLA, 2006. Disponível em <http://www.deg.ufla.br/irrigação/ Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng_170.htm>. Acesso em : 01 jul. 2007.

SILVA, L. C. F. da. **Fotointerpretação de redes de drenagem e caracterização do relevo de dois solos do município de São Pedro-SP.** 1993. 125 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

SILVA, W. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade/UFEGS, 2001. p. 35-51.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal Science**, New Haven, v. 248, p. 655-68, 1950.

SOARES, J. V. **Curso de Introdução à Hidrologia Florestal**. São José dos Campos: INPE, 2000. 78 p.

SOUZA, S. P. de; CALIJURI, M. L. Aplicação de sistemas de informações geográficas para avaliação de assoreamento em reservatórios e mapeamento de regiões ao longo da hidrografia sujeitas a erosão ou sedimentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995. p. 444.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área - altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of American Bulletin** , Colorado, v.63, p.1111-41, 1952a.

STRAHLER, A.N. Quantitative slope analysis. **Geological Society of American Bulletin**, Colorado, v.65, n.5, p.571-96, 1956.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 38, n.6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A.N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. **Geological Society of American Bulletin** , Colorado, v. 69, n.3, p. 279-300, 1958.

TAVARES, A.C.F. MORAES, J.F.L. AMAMI, S.F.; LOMBARDINETO, F.; VALERIANO, M.M. Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com auxílio de sistemas de informação geográfica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 417-424, 2003.

TEIXEIRA,A.L.A.;MORRETTI,EDMAR.;CHRISTOFOLETTI,A.**Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro:.Edição do Autor.1992. 80 p.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães,MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 85 p.

TONELLO, K. C.;DIASH, C.;SOUZA, A. L.;RIBEIRO,C. A. A. S.;LEITE,F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30,n. 5,p. 849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002. 943 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

APÊNDICE

Tabela 19. Classificação do uso potencial do solo(RN) das microbacias hidrográficas da bacia do rio Uberaba.

| Microbacia Número | RN Solo-LVdf | | Microbacia Número | RN Solo-LVdt | | Microbacia Número | RN Solo-PVAd | |
|----------------------|-----------------|---|----------------------|-----------------|---|----------------------|-----------------|---|
| 1 | 1.61 | A | 9 | 3.17 | A | 129 | 16.50 | C |
| 2 | 3.23 | A | 10 | 7.04 | B | 169 | 12.45 | A |
| 3 | 1.68 | A | 11 | 2.67 | A | 172 | 19.00 | C |
| 4 | 6.41 | B | 12 | 2.03 | A | 173 | 15.77 | B |
| 5 | 0.66 | A | 13 | 2.59 | A | 174 | 19.29 | C |
| 6 | 4.84 | A | 14 | 7.68 | B | 175 | 20.25 | D |
| 7 | 3.32 | A | 15 | 9.21 | B | 176 | 8.97 | A |
| 8 | 10.75 | B | 18 | 11.99 | B | 177 | 10.90 | A |
| 20 | 5.03 | A | 19 | 2.82 | A | 178 | 17.92 | C |
| 25 | 2.70 | A | 21 | 3.06 | A | 187 | 9.65 | A |
| 26 | 1.04 | A | 22 | 1.60 | A | 188 | 18.58 | C |
| 27 | 1.50 | A | 23 | 1.54 | A | 189 | 23.85 | D |
| 28 | 0.83 | A | 24 | 1.46 | A | 190 | 22.60 | D |
| 29 | 1.80 | A | 33 | 2.12 | A | 191 | 21.96 | D |
| 30 | 1.55 | A | 34 | 1.63 | A | 192 | 11.14 | A |
| 31 | 0.48 | A | 39 | 2.34 | A | | | |
| 32 | 0.38 | A | 40 | 0.90 | A | | | |
| 35 | 0.28 | A | 41 | 2.47 | A | | | |
| 36 | 1.24 | A | 42 | 4.88 | A | | | |
| 37 | 0.71 | A | 43 | 7.19 | B | | | |
| 38 | 3.84 | A | 44 | 23.39 | D | | | |
| 45 | 2.29 | A | 46 | 1.80 | A | | | |
| 47 | 2.85 | A | 51 | 2.00 | A | | | |
| 48 | 7.82 | B | 52 | 2.61 | A | | | |
| 49 | 3.67 | A | 53 | 0.67 | A | | | |
| 50 | 7.76 | B | 54 | 3.12 | A | | | |
| 60 | 5.28 | A | 55 | 4.55 | A | | | |
| 62 | 15.03 | C | 56 | 9.43 | B | | | |
| 66 | 8.92 | B | 57 | 3.85 | A | | | |
| 69 | 10.49 | B | 58 | 2.64 | A | | | |
| 70 | 9.90 | B | 59 | 2.13 | A | | | |
| 73 | 3.53 | A | 61 | 4.17 | A | | | |
| 76 | 5.15 | A | 63 | 7.07 | B | | | |
| 77 | 5.18 | A | 64 | 8.29 | B | | | |
| 78 | 3.87 | A | 65 | 8.57 | B | | | |
| 79 | 7.10 | B | 67 | 6.56 | B | | | |
| 80 | 11.38 | C | 68 | 2.02 | A | | | |
| 81 | 6.14 | B | 71 | 3.92 | A | | | |
| 82 | 5.29 | A | 72 | 4.35 | A | | | |
| 83 | 4.47 | A | 74 | 1.38 | A | | | |
| 84 | 6.38 | B | 75 | 4.60 | A | | | |
| 89 | 4.72 | A | 85 | 4.46 | A | | | |
| 90 | 6.08 | B | 86 | 4.63 | A | | | |
| | | | 87 | 6.72 | B | | | |

Continuação Tabela 19.

| Microbacia Numero | RN LVdf | | Microbacia Numero | RN LVdt | | Microbacia Numero | RN PVAd |
|----------------------|------------|---|----------------------|------------|---|----------------------|------------|
| 93 | 2.12 | A | 88 | 5.63 | A | | |
| 95 | 4.49 | A | 91 | 5.52 | A | | |
| 96 | 6.41 | B | 92 | 10.40 | B | | |
| 97 | 8.18 | B | 94 | 5.13 | A | | |
| 99 | 6.45 | B | 98 | 2.76 | A | | |
| 106 | 5.85 | B | 100 | 11.38 | B | | |
| 107 | 9.11 | B | 101 | 9.93 | B | | |
| 112 | 6.52 | B | 102 | 2.71 | A | | |
| 113 | 4.66 | A | 103 | 3.45 | A | | |
| 120 | 3.52 | A | 104 | 12.51 | C | | |
| 125 | 8.20 | B | 105 | 4.35 | A | | |
| 128 | 7.59 | B | 108 | 7.23 | B | | |
| 130 | 8.69 | B | 109 | 5.28 | A | | |
| 131 | 5.47 | A | 110 | 12.80 | C | | |
| 132 | 3.83 | A | 111 | 5.67 | A | | |
| 133 | 3.48 | A | 114 | 18.77 | D | | |
| 135 | 15.31 | C | 115 | 10.60 | B | | |
| 136 | 3.49 | A | 116 | 7.45 | B | | |
| 137 | 4.07 | A | 117 | 7.26 | B | | |
| 138 | 7.05 | B | 118 | 8.38 | B | | |
| 139 | 0.40 | A | 119 | 8.58 | B | | |
| 140 | 4.36 | A | 121 | 4.68 | A | | |
| 141 | 1.82 | A | 122 | 12.86 | C | | |
| 142 | 5.96 | B | 123 | 19.56 | D | | |
| 143 | 1.89 | A | 124 | 1.97 | A | | |
| 144 | 21.50 | D | 126 | 12.33 | C | | |
| 145 | 5.38 | A | 127 | 6.93 | B | | |
| 147 | 4.10 | A | 134 | 5.72 | A | | |
| 151 | 6.32 | B | 146 | 2.24 | A | | |
| 152 | 3.97 | A | 148 | 15.34 | C | | |
| 157 | 5.50 | A | 149 | 4.09 | A | | |
| 160 | 2.97 | A | 150 | 8.86 | A | | |
| 161 | 4.21 | A | 153 | 17.38 | C | | |
| 162 | 0.60 | A | 154 | 17.38 | C | | |
| 163 | 4.72 | A | 155 | 3.22 | A | | |
| 164 | 5.60 | B | 156 | 6.51 | B | | |
| 165 | 6.88 | B | 158 | 6.27 | A | | |
| 166 | 7.66 | B | 159 | 4.88 | A | | |
| 167 | 10.00 | B | | | | | |
| 168 | 5.92 | B | | | | | |
| 170 | 6.72 | B | | | | | |
| 171 | 8.54 | B | | | | | |
| 179 | 6.30 | B | | | | | |
| 180 | 6.22 | B | | | | | |
| 181 | 6.38 | B | | | | | |

Continuação Tabela 19

| Microbacia Numero | RN LVdf | Microbacia Numero | RN LVdt | Microbacia Numero | RN PVAd |
|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
| 182 | 4.82 | A | | | |
| 183 | 12.46 | C | | | |
| 185 | 4.12 | A | | | |
| 186 | 11.50 | C | | | |
| 193 | 8.78 | B | | | |
| 194 | 12.55 | C | | | |
| 195 | 11.61 | C | | | |
| 197 | 5.85 | B | | | |