



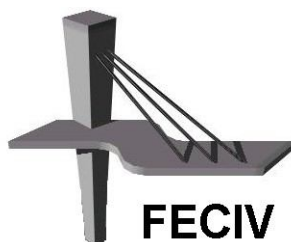
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES NATURAIS E
ANTRÓPICOS RESPONSÁVEIS PELO
DESENCADEAMENTO DAS FEIÇÕES EROSIVAS
NA CABECEIRA DO CÓRREGO CAMPO ALEGRE**

ANTÔNIO MARIANO DA SILVA

UBERLÂNDIA, 18 DE DEZEMBRO DE 2007.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Antônio Mariano da Silva

**CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES NATURAIS E
ANTRÓPICOS RESPONSÁVEIS PELO
DESENCADEAMENTO DAS FEIÇÕES EROSIVAS NA
CABECEIRA DO CÓRREGO CAMPO ALEGRE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de **Mestre em
Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

Uberlândia, 18 de dezembro de 2007.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- S586c Silva, Antônio Mariano da, 1967-
Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do Córrego Campo Alegre / Antônio Mariano da Silva. - 2007.
158 f. : il.
Orientador: Luiz Nishiyama.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.
1. Erosão - Teses. 2. Mecânica do solo - Teses. 3. Campo Alegre, Córrego (Uberlândia, MG). I. Nishiyama, Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 551.3.053



**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ATA Nº: 039/2007

CANDIDATO: Antonio Mariano da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

TÍTULO: "Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do córrego Campo Alegre"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Infra-estrutura Urbana

DATA DA DEFESA: 18 de dezembro de 2007

LOCAL: Sala de Apoio da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 12:00 h.

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

OBS: O aluno deverá acrescentar ao texto original uma análise dos resultados obtidos, tanto de laboratório como de observações de campo, como fatores de desencadeamento dos processos e feições erosivas e relacioná-los à proposta de contenção. Além disso, fazer as outras correções sugeridas pela banca examinadora.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Professor Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama – IGUFU – UFU

Membro externo: Prof.ª Dr.ª Sueli Regina Del Grossi – Fac. Católica de Uberlândia/MG

Membro: Prof.ª Dr.ª Maria Elisa Borges Rezende – FECIV – UFU

Uberlândia, 18 de Dezembro de 2007.

A minha mãe, e em especial à minha esposa pelo estímulo, carinho e amor neste período importante de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por sempre iluminar meu caminho.

Ao professor Luiz Nishiyama pela orientação, incentivo e paciência durante todo o desenvolvimento deste trabalho e, sobretudo pela amizade.

Aos professores Maria Elisa, Carlos Alberto e Laerte Arruda pela credibilidade e incentivo.

Aos técnicos do Laboratório de Solos, Veloso, Romes e Paulino.

A Sueli, secretária do curso de Pós-graduação pela amizade neste período.

Ao amigo João Fernandes, técnico do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

A Beatriz do museu de minerais e rochas.

Aos meus colegas da Faculdade de Engenharia Civil, que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Ao meu amigo Carlos que sempre me ajudou em meus trabalhos de campo.

Aos meus amigos Luciano e Emerson pelo apoio e amizade.

A minha família que me deu estrutura para mais esta caminhada, em especial minha esposa.

Silva, A. M. da. Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do córrego Campo Alegre. 156 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

RESUMO

Este trabalho consiste em caracterizar os fatores naturais e antrópicos responsáveis pela erosão acelerada do solo na área urbana da bacia do córrego Campo Alegre. A área de estudo possui aproximadamente 5,52 Km² e se localiza na porção sudeste da cidade de Uberlândia – Minas Gerais – Brasil, entre as coordenadas geográficas de 18° 57' 21" e 18° 58' 35" latitude sul e 48° 13' 24" e 48° 15' 6" de longitude oeste. Os resultados da caracterização da bacia do Córrego Campo Alegre servirão como fonte de dados para melhor gerenciamento da ocupação da área de estudo e amenizar os impactos até então ocorridos. A caracterização da bacia do córrego Campo Alegre possibilitou a identificação dos elementos fisiográficos como geologia, geomorfologia, declividade e altimetria. Para a obtenção de resultados de ensaios físicos do solo foram realizadas análise granulométrica, azul de metileno, erodibilidade, compactação, índices de consistência. A evolução da ocupação antrópica é apresentada por dados estatísticos e fotografias aéreas de 1969 a 2004. Considerando que existem duas galerias de águas pluviais em plena cabeceira do córrego Campo Alegre oriundas de áreas residenciais, levantou-se os totais pluviométricos no município e a variação média da vazão do córrego para entender o arraste de material do solo causado pela concentração de águas pluviais, fazendo o registro fotográfico da evolução da erosão acelerada da área de estudo. Os resultados obtidos demonstraram que a bacia do córrego Campo Alegre apresenta-se bastante susceptível à erosão tendo como fatores condicionantes a falta de vegetação, o solo de textura arenosa, predomínio de baixas declividades nas porções de topo. Associados a estes fatores estão o direcionamento das águas pluviais em uma área de vereda e a urbanização que ocorre em um ritmo acelerado, sem possuir projetos que respeitem a preservação ambiental.

Palavras-chave: erosão acelerada, erosão do solo, bacia hidrográfica, mecânica dos solos.

Silva, A. M. da. Characterization of the natural and anthropic factors which have been responsible for erosion acceleration of the urban area of the basin of the *Campo Alegre* stream. 156 p. Ms. Dissertation, College of Civil Engineering, *Universidade Federal de Uberlândia*, 2007.

ABSTRACT

This work aims to characterize the natural and anthropic factors which have been responsible for the erosion acceleration of the urban area of the basin of *Campo Alegre* stream. The study area has approximately 5,52km² and is located in the southeast portion of the city of *Uberlândia, MG*, between the geographical coordinates 18° 57' 21" and 18° 58' 35" south latitude and 48° 13' 24" e 48° 15' 6" west longitude. The results of this characterization will serve as a source of data for a better management of the occupation of the study area and to reduce the impacts that have been occurred. The characterization of this basin made the physiographic elements identification possible such as: geology, geomorphology, declivity and altimetry. For the attainment of results of the soil physical assays, analyses of grain-size, methylene blue, erosion rates, compaction, consistency index had been carried through. The evolution of the anthropic occupation is presented by statistical data and air photographs from 1969 until 2004. Considering the existence of two pluvial water galleries deriving from residential areas of the *Campo Alegre* stream headboard, arose the pluviometric totals in the city and the average variation of the stream outflow to understand the drags of soil materials caused by the pluvial water concentration, making the photographic register of the evolution of the erosion presents at the study area. The results had demonstrated that the basin of *Campo Alegre* stream is presented sufficiently sensitive to the erosion having as conditioning factors the lack of vegetation, the arenaceous texture soil, predominance of low declivities in the portions of the top. Associated to these factors are the pluvial water trail management and the urbanization acceleration without projects that respect the environmental conservation.

Key words: erosion acceleration, soil erosion, hydrographic basin, mechanics of soil.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

A – área da secção transversal.

C – fator de cobertura do solo.

cm³ - centímetros cúbicos.

E – perda de solo calculada por unidade de área.

g – grama.

g/cm³ – grama /centímetro cúbico.

g.s/cm² – grama vezes segundo por centímetro quadrado.

h – Teor de umidade natural.

Kgf/cm² – Quilograma força por centímetro quadrado.

K – erodibilidade do solo.

Km² – quilometro quadrado.

L – comprimento da encosta.

l – litros.

Ms – massa de solo seco.

m – metro

m³ – metros cúbicos

m³/h – metros cúbicos por hora.

mm – milímetro.

n^o – numero.

P – fator referente às práticas de controle da erosão.

Pa – Peso de uma quantidade de água.

pH – potencial hidrogeniônico.

Pp 10 – percentual que passa na # 10.

Ps – Peso do material sólido.

Q – vazão em litros por segundo.

R – erosividade da chuva.

S – declividade da encosta.

s – curso (comprimento).

s – segundos.

T – temperatura.

t – tempo.

t/ha – Toneladas por hectare.

V – Volume.

Vs – Volume de sólidos.

Vv – volume de vazios.

W – umidade.

5R – (100% de vermelho e 0% de amarelo)

5Y – (0% de vermelho e 100% de amarelo).

ε – Índice de vazios.

η – Porosidade.

– Peneira.

% – Percentual.

ABREVIATURAS E SIGLAS

AM – Azul de Metileno

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais.

CTC – Capacidade de Troca Catiônica.

EQUIPGEO – Equipamentos Geológicos Ltda.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

FECIV – Faculdade de Engenharia Civil.

IG – Instituto de Geografia.

IP – Índice de plasticidade.

LL – Limite de liquidez.

LP – Limite de plasticidade.

NBR – Norma Brasileira Registrada.

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia.

SE – Superfície específica.

UFU – Universidade Federal de Uberlândia.

UTM – Universal Transverse Mercator.

ZPT – Zona de Preservação Total.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Formação de sulcos na superfície do terreno.....	20
Figura 3.2 – Modelo evolutivo de voçorocas.....	22
Figura 3.3 – Abatimento dos taludes.....	27
Figura 3.4 – Movimento de massa (rastejo).....	28
Figura 3.5 – Classificação dos elementos de encosta de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes.....	32
Figura 3.6 – Ciclo hidrológico.....	32
Figura 3.7 – Componentes esquemáticos do balanço hidrológico próximo à superfície.	33
Figura 3.8 – Impacto da água de chuva na superfície do solo.....	34
Figura 4.1 – Local de medida da vazão do córrego Campo Alegre.....	45
Figura 4.2 – Ponto inicial da medição da vazão do córrego Campo Alegre.....	46
Figura 4.3 – Local de medição da vazão do córrego.....	46
Figura 4.4 – Croqui da planilha utilizada mensalmente para registro das dimensões do córrego.....	47
Figura 4.5 – Talude da vereda do córrego Campo Alegre.....	49
Figura 4.6 – Talude da vereda do córrego Campo Alegre.....	49
Figura 5.1 – Localização da bacia do córrego Campo Alegre.....	54
Figura 5.2 – Classes de solos da Bacia do Rio Araguari.....	57
Figura 6.1 – Mapa de declividade da bacia do córrego Campo Alegre.....	60
Figura 6.2 – Mapa de altimetria da bacia do córrego Campo Alegre.....	61
Figura 6.3 – Talude do córrego Campo Alegre.....	62
Figura 6.4 – Amostra de solo amarelo.....	63
Figura 6.5 – Amostra de solo rosado.....	63
Figura 6.6 – Amostra de solo cinzento claro.....	64
Figura 6.7 – Amostra de solo preto.....	64

Figura 6.8 – Palmeira arbórea <i>Mauritia flexuosa</i> (Buriti) córrego Campo Alegre.....	65
Figura 6.9 – Palmeira arbórea <i>Mauritia flexuosa</i> (Buriti) córrego Campo Alegre.....	66
Figura 6.10 – Pastagem ao longo do córrego.....	67
Figura 6.11 – Área de antiga cobertura arbórea.....	67
Figura 6.12 – Erosão nas margens do córrego.....	68
Figura 6.13 – Área de antiga cobertura arbórea.....	68
Figura 6.14 – Vegetação nativa 1979 – 2004.....	70
Figura 6.15 – Totais pluviométricos em Uberlândia, Ago de 2005 a Dez de 2005.....	72
Figura 6.16 – Totais pluviométricos em Uberlândia, Jan de 2006 a Dez de 2006.....	72
Figura 6.17 – Variação da vazão do córrego, Ago de 2005 a Dez de 2005.....	73
Figura 6.18 – Variação da vazão do córrego, Jan de 2006 a Dez de 2006.....	74
Figura 6.19 – Residencial Campo Alegre.....	77
Figura 6.20 – Residencial Campo Alegre.....	78
Figura 6.21 – Córrego Campo Alegre. Ano de 1964.....	79
Figura 6.22 – Córrego Campo Alegre. Ano de 1979.....	80
Figura 6.23 – Córrego Campo Alegre. Ano de 1997.....	81
Figura 6.24 – Córrego Campo Alegre. Ano de 2004.....	83
Figura 6.25 – Distribuição granulométrica do solo amarelo.....	89
Figura 6.26 – Distribuição granulométrica do solo rosado.....	89
Figura 6.27 – Distribuição granulométrica do solo cinzento claro.....	90
Figura 6.28 – Distribuição granulométrica do solo preto.....	91
Figura 6.29 – Limite de liquidez do solo amarelo.....	92
Figura 6.30 – Limite de liquidez do solo rosado.....	92
Figura 6.31 – Limite de liquidez do solo cinzento claro.....	93
Figura 6.32 – Gráfico da curva de compactação do solo amarelo.....	95
Figura 6.33 – Gráfico da curva de compactação do solo rosado.....	96

Figura 6.34 – Gráfico da curva de compactação do solo cinzento claro.....	96
Figura 6.35 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/ cm ² solo amarelo.....	97
Figura 6.36 – Curva de adensamento Solo Amarelo 1 kgf/cm ²	97
Figura 6.37 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm ² Solo Amarelo.....	97
Figura 6.38 – Curva de adensamento Solo Amarelo 1,5 kgf/cm ²	97
Figura 6.39 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm ² Solo Amarelo.....	97
Figura 6.40 – Curva de adensamento Solo Amarelo 1,5 kgf/cm ²	97
Figura 6.41 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm ² Solo Rosado.....	98
Figura 6.42 – Curva de adensamento Solo Rosado 1 kgf/cm ²	98
Figura 6.43 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm ² Solo Rosado.....	98
Figura 6.44 – Curva de adensamento Solo Rosado 1,5 kgf/cm ²	98
Figura 6.45 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm ² Solo Rosado.....	98
Figura 6.46 – Curva de adensamento Solo Rosado 2 kgf/cm ²	98
Figura 6.47 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm ² Solo Cinzento Claro.....	99
Figura 6.48 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 1 kgf/cm ²	99
Figura 6.49 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm ² Solo Cinzento Claro....	99
Figura 6.50 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 1,5 kgf/cm ²	99
Figura 6.51 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm ² Solo cinzento Claro.....	99
Figura 6.52 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 2 kgf/cm ²	99
Figura 6.53 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm ² Solo Preto.....	100
Figura 6.54 – Curva de adensamento Solo Preto 1 kgf/cm ²	100
Figura 6.55 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm ² Solo Preto.....	100
Figura 6.56 – Curva de adensamento Solo Preto 1,5 kgf/cm ²	100
Figura 6.57 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm ² Solo Preto.....	100
Figura 6.58 – Curva de adensamento Solo Preto 2 kgf/cm ²	100
Figura 6.59 – Envoltória de resistência Solo Amarelo.....	101

Figura 6.60 – Envoltória de resistência Solo Rosado.....	101
Figura 6.61 – Envoltória de resistência Solo Cinzento Claro.....	101
Figura 6.62 – Envoltória de resistência Solo Preto.....	101
Figura 7.1 – Voçoroca do córrego Campo Alegre.....	107
Figura 7.2 – Voçoroca do córrego Campo Alegre.....	108
Figura 7.3 – Despejo de águas pluviais e esgoto na cabeceira do córrego.....	108
Figura 7.4 – Despejo de águas pluviais e esgoto na cabeceira do córrego.....	109
Figura 7.5 – Volume de solo, aproximadamente com 12 metros x 6 metros x 10 metros	109
Figura 7.6 – Local onde existia o volume de solo.....	110
Figura 7.7 – Tombamento de Buriti.....	111
Figura 7.8 – Buriti com as folhas retiradas e pisoteio do gado.....	111
Figura 7.9 – Encontro do esgoto doméstico com uma das nascentes do córrego.....	112
Figura 7.10 – Encontro do esgoto doméstico com uma das nascentes do córrego.....	112
Figura 7.11 – Escavação do leito do córrego devido ao impacto das águas pluviais.....	113
Figura 7.12 – Degradação ambiental devido ao impacto das águas pluviais.....	113
Figura 7.13 – Queda de talude devido ao impacto das águas pluviais.....	114
Figura 7.14 – Movimentação de massa devido ao impacto das águas pluviais.....	114
Figura 7.15 – Pneu e lixo depositados nas margens do córrego.....	115
Figura 7.16 – Assoreamento do córrego com entulhos de construção civil.....	116
Figura 7.17 – Erosão lateral do córrego.....	116
Figura 7.18 – Carreamento de sedimentos.....	117
Figura 7.19 – Fenda na área de estudo.....	118
Figura 7.20 – Trinca na área de estudo.....	118
Figura 7.21 – Fissuras no solo hidromórfico.....	119
Figura 7.22 – Queda de vegetação.....	119
Figura 7.23 – Queda de vegetação.....	120

Figura 7.24 – Queda de vegetação.....	120
Figura 7.25 – Ocorrência de subsidência.....	121
Figura 7.26 – Aumento lateral da voçoroca.....	122
Figura 7.27 – Estaca de monitoramento da voçoroca.....	123
Figura 7.28 – Evolução dos processos erosivos 1979 – 2004.....	124
Figura 8.1 – Talude antes da aplicação da hidrossemeadura.....	127
Figura 8.2 – Talude depois a aplicação da hidrossemeadura.....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Identificação visual e tátil dos solos.....	8
Tabela 3.2 – Classificação da porosidade e do índice de vazios no solo.....	11
Tabela 3.3 – Classificação do grau de saturação.....	12
Tabela 3.4 – Classes de estruturas.....	16
Tabela 3.5 – Classes de permeabilidade.....	16
Tabela 3.6 – Agente e tipos de erosão.....	19
Tabela 3.7 – Classes de declividade.....	30
Tabela 3.8 – Classificação do relevo em relação às classes de declividade.....	30
Tabela 6.1 – Espessuras das camadas dos solos nos taludes da voçoroca.....	62
Tabela 6.2 – Totais pluviométricos de Uberlândia (1981 – 2006).....	71
Tabela 6.3 – Setor sudeste de Uberlândia: moradias e lotes urbanizados em 1995.....	75
Tabela 6.4 – Bairros que originaram o bairro São Jorge.....	75
Tabela 6.5 – Domicílios e população estimada do bairro São Jorge.....	76
Tabela 6.6 – Bairros que originaram o bairro Laranjeiras.....	76
Tabela 6.7 – Domicílios e população estimada do bairro Laranjeiras.....	77
Tabela 6.8 – Umidade higroscópica dos solos.....	84
Tabela 6.9 – Massa Específica dos sólidos de diferentes minerais.....	85
Tabela 6.10 – Massa específica dos grãos.....	85
Tabela 6.11 – Peneiramento fino solo amarelo.....	86
Tabela 6.12 – Peneiramento fino solo rosado.....	87
Tabela 6.13 – Peneiramento fino solo cinzento claro.....	87
Tabela 6.14 – Peneiramento fino solo preto.....	88
Tabela 6.15 – Limite de plasticidade dos solos.....	98
Tabela 6.16 – Resultados dos ensaios de cisalhamento dos solos.....	101
Tabela 6.17 – Permeabilidade dos solos com carga constante.....	102
Tabela 6.18 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	103
Tabela 6.19 – Ensaio de azul de metileno.....	104

Tabela 6.20 – Matéria orgânica.....	104
Tabela 6.21 – Classes de interpretação dos valores de K.....	106
Tabela 6.22 – Erodibilidade dos solos.....	106
Tabela 7.1 – Monitoramento do avanço do talude.....	122
Tabela 8.1 – Espécie de plantas para recuperação da área de estudo.....	126

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	1
Capítulo 2 – Objetivos.....	5
2.1 – Objetivos geral.....	5
2.2 – Objetivos específicos.....	5
Capítulo 3 – Revisão de literatura.....	6
3.1 – Solo.....	6
3.2 – Propriedades mecânicas dos solos.....	9
3.3 – Erosão do solo.....	16
3.4 – Movimentos gravitacionais.....	24
3.5 – Relevo.....	28
3.6 – Ação das chuvas no solo.....	32
3.7 – Cobertura vegetal.....	38
3.8 – Ação antrópica.....	40
Capítulo 4 – Materiais e métodos.....	44
4.1 – Primeira etapa.....	44
4.2 – Segunda etapa.....	44
4.3 – Terceira etapa.....	48
4.4 – Quarta etapa.....	48
4.5 – Quinta etapa.....	49
4.6 – Sexta etapa.....	52
4.7 – Sétima etapa.....	52
4.8 – Oitava etapa.....	52
Capítulo 5 – Características gerais.....	53
5.1 – Localização.....	53
5.2 – Geologia.....	55

5.3 – Geomorfologia.....	56
5.4 – Pedologia.....	57
5.5 – Clima.....	57
Capítulo 6 – Resultados.....	59
6.1 – Declividade e altimetria.....	59
6.2 – Solos.....	62
6.3 – Vegetação na bacia do córrego Campo Alegre.....	65
6.4 – Pluviosidade em Uberlândia.....	71
6.5 – Vazão do córrego Campo Alegre.....	73
6.6 – Ação antrópica na bacia do córrego Campo Alegre.....	74
6.7 – Ensaios físicos dos solos.....	84
6.7.1 – Umidade higroscópica.....	84
6.7.2 – Peneiramento grosso.....	84
6.7.3 – Massa específica dos grãos.....	85
6.7.4 – Peneiramento fino.....	86
6.7.5 – Distribuição granulométrica.....	88
6.7.6 – Limites de consistência.....	91
6.7.6.1 – Limite de liquidez.....	91
6.7.6.2 – Limite de plasticidade.....	93
6.7.6.3 – Índice de plasticidade.....	94
6.7.7 – Ensaios de compactação.....	94
6.7.8 – Ensaios de cisalhamento direto.....	97
6.7.8.1 – Ensaios de cisalhamento direto solo amarelo.....	97
6.7.8.2 – Ensaios de cisalhamento direto solo rosado.....	98
6.7.8.3 – Ensaios de cisalhamento direto solo cinzento claro.....	99
6.7.8.4 – Ensaios de cisalhamento direto preto.....	100
6.7.8.5 – Envoltória de resistência dos solos.....	101
6.7.9 – Permeabilidade dos solos com carga constante.....	102

6.7.10 – Potencial hidrogeniônico (pH).....	103
6.7.11 – Ensaio de azul de metileno (AM).....	103
Capítulo 7 – Evolução da erosão	107
Capítulo 8 – Proposta para contenção da voçoroca.....	125
Capítulo 9 – Considerações finais	128
Referências bibliográficas.....	132

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pelo uso incorreto dos recursos naturais, principalmente o solo, e como consequência a destruição da vegetação representada por diferentes biomas que vem sendo fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, as pastagens e as cidades. Estas interferências antrópicas nos solos culminaram na aceleração dos processos erosivos.

A partir da década de 1970 tem-se o início da expansão da fronteira agrícola brasileira que avança sobre as áreas dos Cerrados, graças ao aumento da demanda por alimentos. A vegetação do Cerrado começa a dar lugar a áreas agrosilvopastoris através da implementação de programas de desenvolvimento como o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento do Cerrado), criado no início do governo Geisel, em 1975, que aplicou recursos, na ordem de US\$ 248 milhões entre 1975 e 1984 que se destinaram à construção de armazéns, ao apoio à pesquisa e assistência técnica, ao sistema de transporte, à rede de energia, exploração do calcáreo e ao reflorestamento através do Fiset (Fundo de Investimentos Setoriais).

Em termos de área, a expansão se deu predominantemente pela atividade pecuária. Do total da área incrementada de 8,2 milhões de hectares pelo POLOCENTRO entre 1975 e 1980, 70% foram destinadas à pastagem e apenas 23% para a agricultura. O efetivo de gado bovino cresceu de 16,6 milhões de cabeças em 1970 para 37,8 milhões em 1985 (SHIKI, 1997).

Segundo Shiki (1997), ainda no governo Geisel, outros programas como PRODECER e o PROALCOOL direcionaram recursos para o Cerrado, atendendo a interesses e objetivos específicos. O PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-brasileiro para de Desenvolvimentos dos Cerrados) tinha o propósito de introduzir novas tecnologias para o desenvolvimento da agricultura no cerrado. Teve uma maior relevância no direcionamento

da ocupação e que mereceu grande atenção na época de sua implantação devido à participação dos japoneses no financiamento do projeto.

Na região dos Cerrados especialmente no Triângulo Mineiro estes programas proporcionaram uma melhoria na infra-estrutura das cidades. Uma dessas cidades é Uberlândia, onde nas décadas 1970 e 1980, chegaram as primeiras indústrias como Souza Cruz, Daiwa, Brasfrigo, Cargill entre outras. Na década de 1990 e 2000, com a chegada de várias universidades, a cidade recebeu um grande número de migrantes procedentes de todas as regiões do Brasil, por ser atrativa pela perspectiva de uma vida melhor.

O município de Uberlândia encontra-se delimitado pelas coordenadas geográficas de 18° 34' 00" e 19° 14' 00" latitude sul e de 47° 03' 00" e 48° 50' 00" de longitude oeste. Possui uma área de 4.115,09 km² e está situado na região do Triângulo Mineiro, oeste do Estado de Minas Gerais, distante cerca de 556 km da capital Belo Horizonte. A cidade possui 64 bairros delimitados, dentre eles os bairros São Jorge e Laranjeiras. São bairros horizontais distantes da área central, localizados na porção sudeste da malha urbana de Uberlândia, na bacia do córrego Campo Alegre, afluente do rio Uberabinha, caracterizando-se como um dos setores urbanos que mais se expandiu nos últimos vinte anos.

O rio Uberabinha desempenha importante papel no município: no abastecimento urbano, nas atividades rurais e no lazer. Suas nascentes estão localizadas no município de Uberaba, à cerca de 96 km ao sul da cidade de Uberlândia. Na área urbana, o rio Uberabinha recebe 23 tributários, dentre estes o Córrego Campo Alegre que está localizado na porção sudeste do perímetro urbano de Uberlândia, objeto de estudo da presente dissertação de Mestrado.

Segundo Baccaro (1989) a bacia do Córrego Campo Alegre encontra-se em uma área de relevo de topo plano que tem como principais características morfológicas, amplos vales muitos espaçados entre si, drenagem pouco ramificada, vertentes com declividades entre 2° e 5° desenvolvidas sobre os arenitos da Formação Marília e sedimentos do Cenozóico. No médio e alto curso do córrego Campo Alegre ocorrem solos hidromórficos e orgânicos. Ainda, segundo a referida autora, dentre os processos geomorfológicos que ocorrem na bacia do córrego Campo Alegre, os processos geomorfológicos de escoamento pluvial

laminar e difuso são os mais importantes na remoção dos detritos e na evolução dessas vertentes.

Em janeiro de 1983, com aprovação do loteamento do bairro São Jorge, deu-se início ao processo de urbanização na bacia do córrego Campo Alegre. Com a implantação deste bairro e de outros que se seguiram durante a década de 1980, toda a água pluvial proveniente destes bairros foi direcionada para uma de suas cabeceiras.

A ocupação humana cada vez mais acentuada nos espaços urbanos de Uberlândia trouxe vários problemas ambientais, um deles é a ação erosiva dos solos. Os agentes aceleradores da erosão como a impermeabilização do solo, poluição hídrica, e a redução da cobertura vegetal, estão diretamente ligados à falta de planejamento urbano ao longo de décadas, que pode ser a principal causa da maioria destes problemas ambientais.

Dentre os principais fenômenos geológicos que ocorrem no planeta Terra, a erosão tem chamado à atenção de vários pesquisadores. Ela ocorre de diversas formas e com várias denominações, porém suas ações têm deixado grandes marcas em nosso planeta, principalmente nas bacias hidrográficas, pela quantidade de material carreado tendo sua origem intimamente ligada ao desmatamento, às queimadas e à ausência de planejamento urbano.

A Gestão das bacias hidrográficas assume grande importância na recuperação de áreas degradadas por vários motivos. Um deles é o fato de grande parte dos danos ambientais que ocorrem na superfície terrestre estarem situados nas bacias hidrográficas. Nesse sentido é preciso conhecer sua formação, constituição e dinâmica, para que as obras de recuperação não sejam apenas temporárias e sem grande eficácia. Não podemos pensar numa bacia hidrográfica levando-se em conta apenas os processos que ocorrem no leito dos rios, porque grande parte dos sedimentos que ela transporta é oriunda de áreas situadas mais a montante, vindos das encostas que fazem parte da bacia hidrográfica (ARAÚJO; ALMEIDA, 2005).

A compreensão das causas da degradação ambiental da bacia do córrego Campo Alegre é um tema de grande interesse, pois situações semelhantes em termos de formas de ocupação

podem ocorrer em outras bacias hidrográficas. A área à montante das nascentes do córrego está urbanizada e toda água pluvial é direcionada para a cabeceira do córrego, onde é sempre alarmante a quantidade de material que é transportado à jusante. Quase totalidade da área da bacia é utilizada como pastagem, acelerando a remoção de solo dos taludes do córrego e causando erosões.

Este trabalho analisou e avaliou a relação e impactos da atividade antrópica na intensificação dos processos erosivos na bacia hidrográfica do Córrego Campo Alegre e identificou as propriedades físicas do solo fornecendo subsídios para o planejamento e aplicação de medidas mitigadoras no processo erosivo da área em estudo.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

Caracterizar os fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desenvolvimento de feições erosivas aceleradas na bacia do Córrego Campo Alegre.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar os aspectos físicos da bacia do Córrego Campo Alegre, tais como: geologia, declividade, altimetria, vegetação, processos naturais e antropogênicos.

Avaliar os parâmetros físicos dos solos mediante estudos de campo e análises laboratoriais de mecânica dos solos.

Caracterizar e quantificar o nível de degradação do córrego (comparativo de fotografia aérea de diferentes épocas).

Relacionar a ocupação urbana da bacia com a degradação do Córrego Campo Alegre.

Propor ações necessárias para reduzir o nível de erosão atual do córrego.

CAPÍTULO 3

REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – Solo

Para Araújo e Almeida (2005), o solo, assim como a água, é um recurso vital para a humanidade, porém esse recurso natural tem sido mal utilizado pelos seres humanos. Atividades antrópicas como desmatamento, corte de encostas, disposição de resíduos domésticos e industriais, uso agrícola, ou ações naturais como declividade, textura do solo e quantidade de matéria orgânica têm sido associadas à rápida degradação do solo.

Conforme NBR 6502/1995 solo é um material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica.

Os solos são corpos naturais da superfície terrestre que ocupam áreas e expressam características (cor, textura, estrutura, etc.) da ação combinada dos fatores, associados aos mecanismos e processos de formação do solo. As diferenças entre as várias condições naturais determinam as características individuais de cada indivíduo solo. A quantidade e a intensidade de chuva, radiação solar, temperatura, umidade declividade do terreno, comunidades de plantas que nele se desenvolvem, afetam a natureza do solo em cada local. O solo como entidade natural independente, pode possuir características herdadas do material originário e / ou características adquiridas, cujas relações variam com o tempo (PALMIERI; LARACH, 1996).

Segundo Pinto (2002) os solos são constituídos por um conjunto de partículas com água (ou outro líquido, com influência antrópica) e ar nos espaços intermediários. As partículas, de maneira geral, encontram-se livres para deslocar entre si. O comportamento do solo depende do movimento das partículas sólidas.

Para Jenny (1941), apud Palmieri e Larach (1996), o solo é função de cinco variáveis independentes, denominados fatores de formação dos solos: clima, organismos, material originário, relevo e tempo.

Para Leinz e Amaral (1995) os fatores de formação do solo, comumente denominados de intemperismo, incluem as forças físicas que resultam na desintegração ou desagregação das rochas, as reações químicas que alteram a composição das mesmas, e as forças biológicas que intensificam a ação das duas anteriores.

As decomposições das rochas através de agentes químicos e físicos originam os solos, as variações de temperaturas provocam trincas, nas quais penetra a água, atacando quimicamente os minerais. O congelamento da água nas trincas, entre outros fatores, exerce elevadas tensões, do que decorre maior fragmentação dos blocos. A presença da fauna e flora promove o ataque químico, através de hidratação, hidrólise, oxidação, lixiviação, troca de cátions e carbonatação. O conjunto desses processos, que são muito mais atuantes em climas quentes do que em climas frios, leva à formação dos solos, que em consequência, são misturas de partículas pequenas que se diferenciam pelo tamanho e pela composição química (PINTO, 2002).

Segundo Campos e Demattê (2004), a cor é amplamente reconhecida como uma medida primária identificadora de solos. Propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos determinam sua cor. O enquadramento de algumas classes de solos, já no segundo nível categórico do atual Sistema Brasileiro de Classificação de solos, requer que a cor da amostra do horizonte diagnóstico seja determinada por comparação com os padrões existentes na escala de Munsell. A cor é a sensação visual que se manifesta na presença da luz, e de certo modo reflete a quantidade de matéria orgânica, o tipo de óxido de ferro presente, além da classe de drenagem do solo sendo intimamente associada à composição do solo. A carta de Munsell é comumente utilizada na designação de cores do solo. Nela constam o matiz, o valor (ou tonalidade) e o croma (ou intensidade). O matiz se refere à combinação dos pigmentos vermelho (do inglês red) e amarelo (do inglês yellow), o valor indica a proporção de preto e de branco e o croma refere-se à contribuição do matiz. Os matizes variam de 5R (100% de vermelho e 0% de amarelo) até 5Y (0% de vermelho e 100% de amarelo).

A distribuição e o arranjo das cores ao longo de um perfil de solo, são critérios empregados para identificação e separação de horizontes, bem como para conceituação de classes de solos nos diversos levantamentos executados no Brasil. Apesar das cores terem uma

grande amplitude de variação, elas têm sido relacionadas, principalmente, com os teores de matéria orgânica, umidade e predominância de determinados tipos de óxidos de ferro (GUERRA; CUNHA, 1996).

De acordo com Bueno e Vilar (1980) existem alguns testes rápidos que permitem, a partir das características apresentadas pelo solo, a sua identificação, (Tabela 3.1). Como na natureza os solos normalmente são uma mistura de partículas dos mais variados tamanhos, busca-se determinar qual o tamanho que ocorre em maior quantidade. É usual também na identificação de um solo, citar a sua cor.

Tabela 3.1 – Identificação Visual e Tátil dos Solos.

TIPOS DE SOLOS		PROCEDIMENTOS E CARACTERÍSTICAS
Areias e solos arenosos		Tacto áspero observação visual incoerente.
Areias finas, siltes, areias siltosas ou pouco argilosas.		Tacto-pequena resistência do torrão seco (esfarela facilmente), torrão seco desagrega rapidamente quando submerso; dispersão em água (sedimenta rápido e a água permanece turva por pouco tempo).
Argilas e solos argilosos (com pouca areia ou silte).		Tacto (úmidos: saponáceos; secas: farinhosas); torrão seco bastante resistente, e não desagrega quando submerso; plasticidade; baixa mobilidade da água intersticial.
Turfas e solos turfosos (solos orgânicos).		Cor geralmente cinza, castanho-escura; preta; partículas fibrosas, cheiro característico de matéria orgânica em decomposição; inflamáveis, quando secos, e de pouca a média plasticidade.

Autor: Bueno e Vilar (1980).

Segundo Fiori e Carmignani (2001), a parametrização físico-hídrica (textura, massa específica do solo e de partículas, porosidade total, micro e macro porosidade, condutividade hidráulica saturada, infiltração) dos solos é um instrumento básico para prevenção de erosões, bem como para elaboração de planos de obras para o seu controle.

De acordo com Pinto (2002), a diversidade e a enorme diferença de comportamento apresentada pelos diversos solos, perante as solicitações de interesse da engenharia, levaram ao seu natural agrupamento em conjuntos distintos, que podem ser oriundas de algumas propriedades. Desta tendência racional de organização da experiência acumulada, surgiram os sistemas de classificação dos solos. O objetivo desta classificação, sob o ponto

de vista da engenharia, é o de poder estimar o provável comportamento do solo ou, pelo menos, o de orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise do problema.

Lima e Bernardino (1996) apud Gonçalves (2003) afirmam que a compactação dos solos é um dos problemas mais importantes de degradação ambiental, provocada por uso e manejo inadequados, como o preparo do solo em condições desfavoráveis de umidade, implementos de preparo mal regulados, utilização excessiva de grade. Afeta também o solo, modificando seu sistema de poros, diminuindo o seu espaçamento. Caracteriza-se pelo adensamento das camadas do solo, e em consequência disto, aumenta a resistência à penetração das raízes; influenciando, diretamente a condutividade hidráulica, a capacidade de infiltração, a retenção de água, e consequentemente o aumento da enxurrada e da erosão.

3.2 – Propriedades Mecânicas dos Solos

Segundo Fiori e Carmignani (2001) os índices físicos dos solos expressam relações matemáticas entre peso e volume dos componentes de uma massa de solo, ou seja, entre as frações de sólidos, líquidos e gases.

Para Pinto (2002) os índices físicos são relações entre as diversas fases, em termos de massa ou pesos e volumes, que procuram caracterizar as condições físicas em que um solo se encontra em um dado momento e por isso, pode ser alterado ao longo do tempo, esses mesmos índices desempenham importante papel no estudo das propriedades dos solos, uma vez que estas dependem dos seus constituintes e das proporções relativas entre eles, assim como da interação de uma fase sobre as outras.

De acordo com Bueno e Vilar (1984) em relação ao tamanho das partículas os solos, se classificam em solos grossos (pedregulhos e areias), e solos de granulação fina (siltes e argilas). Os pedregulhos são acumulações incoerentes de fragmentos de rocha, com dimensões maiores que 2 mm. As areias tem origem semelhante à dos pedregulhos, entretanto as suas dimensões variam entre 2 mm e 0,05 mm, elas são ásperas ao tato, e estando isenta de finos, não se contraem ao secar, não apresentam plasticidade e comprimem quase instantaneamente ao serem carregadas. Os siltes são solos de granulação

fina que apresentam pouca ou nenhuma plasticidade, já as argilas são solos de granulação muito fina que apresentam características marcantes de plasticidade e elevada resistência, quando secas, constituem a fração mais ativa nos solos.

A granulometria é descrita através da representação gráfica da distribuição do diâmetro aproximado dos grãos de um solo, em que a abscissa é o tamanho das partículas, crescente para a direita em escala logarítmica, e a ordenada é a percentagem acumulada do solo seco em relação à massa total seca, com diâmetro menor que o tamanho correspondente conforme a NBR 6502/1995.

De acordo com NBR 13292/95, a permeabilidade expressa a maior ou menor facilidade com que a água flui por entre os vazios do solo. O valor da permeabilidade depende da interligação dos poros, vazios e fraturas do meio. Cascalhos e areias apresentam permeabilidade elevada, ao contrário das argilas dotadas de elevada porosidade, mas pequena permeabilidade. Os ensaios podem ser realizados com carga constante e variável. O coeficiente de permeabilidade é apresentado por K , é medido em cm/seg e depende das características do fluído, tais como: viscosidade, temperatura e natureza.

Segundo Bueno e Vilar (1980), as principais características do solo que afetam a permeabilidade são o tamanho das partículas, o índice de vazios o grau de saturação. A permeabilidade varia grosseiramente com o quadrado do tamanho das partículas.

De acordo com Hillel (1971) a porosidade é um índice do volume relativo dos poros no solo, seu valor encontra-se geralmente na escala 30 - 60 %. Em solos hidromórficos, a porosidade é altamente variável, porque o solo muda seu volume alternadamente, encolhe, agrega, se dispersa, compacta e forma rachaduras na ausência de água. O termo porosidade indica a fração do volume dos poros, em relação ao volume total, mas este valor deve ser igual, na média, à porosidade areal (a fração dos poros em uma área de seção transversal representativa) assim como a porosidade linear média (estando a um comprimento fracionário dos poros cruzados por uma linha que passa através do solo em algum sentido). A porosidade total, em todo o caso, não revela nada sobre a distribuição de tamanho dos poros.

Segundo Fiori e Carmignani (2001) a porosidade é uma propriedade do solo frequentemente usada para fins de agricultura e, em menor escala, para fins geotécnicos, sendo expressa em porcentagem e pela razão do volume de vazios (V_v) pelo volume total (V) da massa do solo amostrada: $\eta = V_v / V$.

Fiori e Carmignani (2001) afirmam ainda que o índice de vazios é uma medida de densidade e, portanto representa uma das características mais importantes para definição de um solo. Dessa propriedade dependem a permeabilidade, a compressibilidade e a resistência à ruptura. O índice de vazios de um solo (ε) é expresso pela razão do volume de vazios (V_v) pelo volume de sólidos (V_s), normalmente é usado como decimal: $\varepsilon = V_v / V_s$. A Tabela 3.2 classifica a porosidade e o índice de vazios dos solos.

Tabela 3.2 – Classificação da porosidade e do índice de vazios no solo.

POROSIDADE	ÍNDICE DE VAZIOS	DENOMINAÇÃO
Maior que 50	Maior que 1	Muito alta
50 - 45	1,0 – 0,80	Alta
45 - 35	0,80 – 0,55	Média
35 - 30	0,55 – 0,43	Baixa
<i>Menor que 30</i>	Menor que 0,43	Muito baixa

Fonte: Iaeg, 1974 apud Fiori; Carmignani, 2001.

Para Pinto (2002), os valores de índices de vazios dos solos costumam se situar entre 0,5 e 1,5; mas argilas orgânicas podem ocorrer com índices de vazios superiores a 3.

De acordo ainda com Fiori e Carmignani (2001), o teor de umidade, também chamado de umidade natural do solo é definido como a razão do peso da água (P_a) pelo peso do material sólido (P_s), sendo expresso em porcentagem. $h = P_a / P_s$, ou seja, o teor de umidade natural é a porcentagem de água existente no solo.

Pinto (2002) considera que os teores de umidade dependem do tipo de solo e se situam geralmente entre 10 e 40%, podendo ocorrer valores muito baixos (solos secos) ou muito altos (150% ou mais).

O grau de saturação representa a percentagem do volume do solo que contém água (Tabela 3.3). A determinação do grau de saturação é de grande importância no estudo das propriedades físicas do solo pela sua influência na permeabilidade, na compressibilidade e na resistência à ruptura. Ele é dado pela razão do volume de água (V_a) pelo volume de vazios (V_v), sendo expresso em percentagem: $G = V_a / V_v$ (FIORI; CARMIGNANI, 2001).

Tabela 3.3 - Classificação do grau de saturação.

GRAU DE SATURAÇÃO (%)	DENOMINAÇÃO
0 – 0,25	Naturalmente seco
0,25 – 0,50	Úmido
0,50 – 0,80	Muito úmido
0,80 – 0,95	Altamente saturado
0,95 – 1,00	Saturado

Fonte: Jaeg, 1974 apud Fiori; Carmignani, 2001.

No dizer de Fiori e Carmignani (2001), o peso específico de um solo é definido como sendo a razão entre o peso de um determinado componente das três partes físicas do solo, pelo seu volume: $\gamma = P / V$.

Fiori e Carmignani (2001) definem como peso específico natural a razão entre o peso da amostra de solo pelo seu volume, como coletada no campo, o que implica em certo conteúdo de água, armazenada entre as partículas sólidas: $\gamma_{nat} = P / V$.

Peso específico dos grãos (ou dos sólidos) é a razão entre o peso dos grãos constituintes do solo e o volume ocupado pelos mesmos: $\gamma_g = P_s / V_s$ (FIORI; CARMIGNANI, 2001).

Segundo Pinto (2002) massa específica natural é a relação entre a quantidade de matéria (massa) (M) e o volume (V): $\gamma = M / V$, normalmente é expressa em ton / m^3 ; kg / dm^3 ou g / cm^3 .

Umidade higroscópica é o teor de umidade de um solo após secagem por exposição ao ar. É a relação entre a massa de água contida nos vazios de um solo e a massa das partículas sólidas (grãos) expressa em percentagem (PINTO, 2002).

A consistência do solo ocorre em função das forças de adesão e coesão, que variam com o seu grau de umidade. A consistência inclui propriedades como resistência à compressão e ao esboroamento, friabilidade, plasticidade e pegajosidade. Ela varia com a textura, a quantidade de matéria orgânica, quantidade e natureza do material coloidal e teor de água. Os limites de consistência são três e são conhecidos como: Limite de Contração (LC), Limite de Plasticidade (LP) e Limite de Liquidez (LL), (FIORI; CARMIGNANI, 2001).

Conforme a NBR 6502/1995 (Rochas e solos), o Limite de Liquidez é o teor de umidade de um solo argiloso correspondente ao estado de consistência limite entre os estados líquido e plástico.

Limite de plasticidade é o teor de umidade na fronteira entre os estados plástico e semi-sólido, corresponde ao teor de umidade para o qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar com a palma da mão um cilindro com cerca de 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento. O ensaio é realizado de acordo com a NBR 7180/1984 (Solo – Determinação do limite de plasticidade). Quando não é possível se obter o (LP) Limite de Plasticidade de um solo, ele é denominado não plástico (NP), (FIORI; CARMIGNANI, 2001).

De acordo com Bueno e Vilar (1980), a plasticidade pode ser definida em Mecânica dos solos, como a propriedade que um solo tem de experimentar deformações rápidas, sem que ocorra variação volumétrica apreciável e ruptura. Para que essa propriedade possa manifestar-se, compreende-se que a forma característica das partículas finas permita que elas deslizem uma por sobre as outras, desde que haja quantidade suficiente de água para atuar como lubrificante. Ou seja, a plasticidade está associada aos solos finos, e depende do argilo-mineral e da quantidade de água no solo.

No dizer de Fiori e Carmignani (2001), o Limite de Contração corresponde ao teor de umidade de um solo a partir do qual não mais se contrai, não obstante continue a perder peso, em função da perda de água por secamento, ou seja, o teor de umidade necessário para preencher totalmente os vazios de uma amostra contraída no secamento lento.

O Índice de Plasticidade (IP) mede a maleabilidade dos solos e fisicamente representa a quantidade de água necessária para que um solo passe do estado plástico ao líquido. E mede também a tendência à expansão do solo, calculado pela diferença entre LL e LP. (FIORI; CARMIGNANI, 2001).

Segundo Pinto (2002) a compactação é entendida como a ação mecânica por meio da qual se impõe ao solo uma redução do seu índice de vazios, através da expulsão de ar dos poros. A compactação tem em vista dois aspectos: aumentar a intimidade de contato entre os grãos e tornar o aterro mais homogêneo.

De acordo com a NBR 6502/1995 o ensaio de compactação determina a relação entre o teor de umidade e a massa específica seca do solo, quando compactado de acordo com os processos especificados.

Para Oliveira (1999), apud Alves (2004) as tensões de cisalhamento potencializam em encostas e paredes de voçorocas da seguinte forma: remoção de suporte lateral, sobrecarga, colapso, pressão lateral e outros tipos de tensões relacionadas com vibrações de diversas origens. São considerados aspectos físicos que reduzem as tensões de cisalhamento: composição e textura; natureza e resultantes físico-químicas sobre materiais; ações da água matricial; reorganização da estrutura; extirpação da vegetação.

Segundo a NBR 6502/1995, o ensaio de cisalhamento direto é o que ocorre em laboratório onde um corpo de prova é submetido a uma tensão normal e solicitado até haja a ruptura pelo deslocamento de uma porção da amostra em relação à outra, segundo um plano de cisalhamento pré-definido. Este ensaio é destinado à determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo.

É importante ressaltar que além das propriedades mecânicas do solo existem ensaios de laboratório com a finalidade específica de caracterizar e identificar propriedades dos solos através do azul de metileno, quantidade de matéria orgânica e pH.

No dizer de Pejon (1992), o azul de metileno é um corante orgânico que apresenta a composição química $C_{16}H_{18}N_3S \cdot CL \cdot 3H_2O$, com o nome de cloridrato de metiltiamina.

Caracteriza-se como um corante catiônico, ou seja, em solução aquosa apresenta-se dissociado em ânions cloreto e cátions azul de metileno ($C_{16}H_{18}N_3S^+$). O método da adsorção do azul de metileno permite a determinação da capacidade de troca de cátions (CTC) e da superfície específica (SE) dos argilo-minerais. Segundo Chen et al (1974) o cátion azul de metileno substitui os cátions Na^+ , Ca^{2+} , K^+ Mg^{2+} e H_3O^+ , absorvidos aos argilo-minerais, ocorrendo um processo de adsorção irreversível, caracterizando-se como uma forma de medida da capacidade de troca catiônica.

O ensaio de adsorção de azul de metileno pelo método da mancha, utilizado por FABBRI (1994), apud Oliveira (2005) consiste na titulação de uma suspensão de 1,0 g de solo (passado na peneira 0,0074 mm) em 100 ml de água com uma solução de azul de metileno padronizada, (1,0 g de sal de azul de metileno anidro por litro de solução), em meio intensamente agitado. Após a adição de 1 ml da solução do corante e 1 minuto de agitação, retira-se uma gota da suspensão (corante + solo + água), que é pingada sobre um papel de filtro. Se a mancha formada pela difusão da gota no papel apresentar uma aura azul clara ou esverdeada, significa que há excesso de corante na solução, então adiciona-se mais um ml do corante e após 1 minuto de agitação, repete-se o teste da mancha até atingir-se o ponto onde há excesso de corante, designado como ponto de viragem.

Segundo Guerra (2005) o potencial hidrogeniônico (pH) tem uma função determinante no solo, um solo ácido possui maior concentração de microorganismos e conseqüentemente aumento do conteúdo orgânico, característica que diminui a erodibilidade.

A quantificação da matéria orgânica é de importância fundamental para o análise de erosão. Ela influencia muito nas propriedades tais como a absorção e a retenção de água e plasticidade. A determinação da quantidade de matéria orgânica existente foi através do método de calcinação “*Loss of Ignition*” este método consiste em secar 4 g de cada amostra previamente seca a 105°C posteriormente estas amostras são levadas a uma mufla que é aquecida por 5 h a 250°C. posteriormente a amostra é pesada e a diferença entre o peso inicial e final corresponde ao teor de matéria orgânica.

Para Wischmeier; Smith (1978) fator (K) de Erodibilidade do solo representa a suscetibilidade do solo em ser erodido e é dado pelas características intrínsecas do mesmo. Este valor pode ser obtido diretamente através de ensaios de laboratório e campo ou

através de métodos indiretos. Ambos propõem o uso de um nomograma para determinação deste valor, este nomograma para o cálculo da erodibilidade do solo inclui cinco parâmetros: % de argila, % de areia grossa, % de matéria orgânica (OM), estrutura (s) e permeabilidade (p). Cada parâmetro foi classificado por classes, de acordo com as Tabelas 3.4 e 3.5.

Tabela 3.4 – Classes de estruturas.

CLASSES	DESCRIÇÃO
1	granular muito fina (< 1 mm)
2	granular fina (1 – 2 mm)
3	granular grosseira (> 2 mm)
4	em bloco, massas ou placas

Tabela 3.5 – Classes de permeabilidade.

CLASSES	NOMENCLATURA	PERMEABILIDADE (mm/h)
1	Muito lenta	< 5
2	Lenta	20 - 5
3	Moderadamente lenta	20 – 63,5
4	Moderada	63,5 - 127
5	Moderadamente rápida	127 - 254
6	Rápida	> 254

3.3 – Erosão do solo

A palavra erosão está etimologicamente ligada ao verbo *erodere* (latim) que, significa corroer, desgastar. Esse termo tem sido conceituado e discutido por vários autores, com diversos enfoques ao longo de várias décadas, em muitos países. Como por exemplo, nas obras de Bennett, 1939; Ellison, 1947; Meyer et al., 1975; SCSA, 1976; Hóly, 1980; Zachar, 1982; Bigarella e Mazuchowski, 1985; DAEE, 1989; Rodrigues, 1992; weggel et al., 1992; Onda, 1994; Morgan, 1995; Vandaele et al., 1996, Nishiyama, 1998; Bastos, 1999 apud (SOUZA, 2000).

A erosão como um processo natural, é considerada um agente geológico que provoca a modificação das paisagens terrestres e, como tal, é geralmente lenta e medida pelo tempo geológico. A interferência humana geralmente altera esse processo natural, acelerando a sua ação e aumentando a sua intensidade (BASTOS, 1999 apud SOUZA, 2000).

A erosão é definida como desgaste da superfície da terra por ação da água pluvial, do vento, do gelo ou por outros agentes geológicos, incluindo processos como o rastejamento gravitacional. Particularmente é útil distinguir duas classes de erosão: geológica e aceleradas, embora outras classificações recentes propostas, possam ser úteis em situações particulares (ARNOUDUS 1974, apud EL-SWAIFY et al., 1982).

A forma mais comum de erosão é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e / ou vento. O escoamento superficial da água carrega a camada superior do solo; isso ocorre sob a maioria das condições físicas e climáticas. O deslocamento de partículas da camada superior pela ação do vento é mais comum em climas árido e semi-árido do que sob as condições mais úmidas. A perda da camada de solo, seja pela ação da água ou do vento, reduz a fertilidade pelas seguintes razões: a) conforme o solo se torna mais denso e fino, fica menos penetrável as raízes e pode se tornar superficial demais a elas; b) reduz a capacidade do solo de reter água e torná-la disponível as plantas, e c) os nutrientes para as plantas são levados com as partículas de solos erodidas (ARAÚJO et al, 2005).

De acordo com Guerra; Guerra (1997) existem vários tipos de erosão e podem receber a seguinte classificação:

- “- Erosão Acelerada é o mesmo que erosão antropogenética ou antrópica. Realizada na superfície terrestre pela intervenção humana, ocasionando um desequilíbrio ambiental. É o aceleração da erosão nas camadas superficiais do solo, motivado por desmatamentos, cortes de barrancos em estradas, etc.*
- Erosão de Ravinamento é o escavamento produzido pelo lençol de escoamento superficial ao sofrer certas concentrações resultando em erosão e sulcos (rill erosion).*
- Erosão Diferencial é a realização do trabalho desigual dos agentes erosivos ao devastarem a superfície do relevo. Há rochas que resistem mais a um determinado tipo de erosão, e outras menos, da mesma maneira há certos acidentes produzidos pela tectônica, como fraturamento, que favorecem o*

trabalho de certos agentes de erosão. Esse jogo de resistência desigual, oposto pelas rochas aos agentes erosivos, constitui a erosão diferencial.

- Erosão Elementar é o conjunto de fatores que concorrem lentamente nas transformações da paisagem. Pode-se agrupá-los nos seguintes processos: variação da temperatura – amplitudes térmicas têm grande importância na fragmentação das rochas; desagregação mecânica – esfoliação das rochas dando pães-de-açúcar (granitos e gnaisses do Rio de Janeiro e Espírito Santo); gelo e degelo – decomposição química reduz a fragmentos menores os produtos desagregados pelos agentes mecânicos. A erosão elementar é também conhecida como meteorização ou intemperismo.

- Erosão em Lençol ou Laminar é a erosão causada pelo escoamento em lençol. Não há escoamento de fluxos em ravinas, neste estágio do escoamento que é difuso.

- Erosão Espasmódica refere-se a erosão que age de modo intermitente e com grande violência. Como exemplo pode citar a erosão produzida pelas torrentes, cujo regime é espasmódico, isto é, intermitente. Esta nomenclatura é pouco utilizada por certos autores.

- Erosão Fluvial ou Linear é o trabalho contínuo das águas correntes na superfície do globo terrestre, é também chamada de erosão normal pelos geomorfólogos nas regiões temperadas. Os geólogos chamam de erosão natural ou erosão geológica. Para os morfologistas europeus, ela é restrita apenas ao trabalho de modelagem do relevo, feito pelos rios. Os geólogos dão um sentido mais amplo considerando todos os efetivos dinâmicos exógenos de gliptogênese, em que o homem não tenha interferência, como erosão geológica. A erosão fluvial é de grande importância para os morfologistas, pois o estudo da rede hidrográfica pode, muitas vezes, tirar conclusões de ordem morfológica.

- Erosão Geológica ou Natural é realizada normalmente pelos diversos agentes erosivos sem que haja a intervenção do homem, acelerando o trabalho de destruição e construção feito por estes agentes.

- Erosão Pluvial ou Pluvierosão é o trabalho executado pelas águas das chuvas na superfície do relevo. A ação das chuvas será tanto mais importante quanto maior for a quantidade precipitada no espaço mínimo de tempo.”

A erosão é um dos principais fenômenos geológicos que ocorre na Terra e se processa de várias formas se considerarmos o seu ambiente de ocorrência. A erosão acelerada conhecida por voçoroca, se desenvolve pelo escoamento da água, condicionado por fatores locais. Os fatores influentes do quadro erosivo são interdependentes e constituem um

número relativamente elevado, dentre eles pode destacar os fatores climáticos, natureza do terreno, relevo, cobertura vegetal, ação antrópica e ação da água (RODRIGUES, 1982).

A erosão antrópica ou acelerada é resultante da ocupação inadequados solos por atividades agrícolas ou urbanas, que aceleram e intensificam os processos erosivos devido às condições induzidas ou modificadas pelo homem ao solo. As condições mais favoráveis estão presentes em solos sem cobertura vegetal, compactados e recentemente movimentados através do preparo motomecanizado, ocasionando como efeitos o aumento na desagregação do solo, diminuição da capacidade de infiltração de água no solo e consequentemente aumento do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, apud FUJIHARA, 2002).

Para Araújo et al (2005) os diferentes tipos de erosão podem ser causados pelos diversos agentes, conforme Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Agente e tipos de erosão.

AGENTE	TIPO DE EROSIÃO OU PROCESSO DE DEGRADAÇÃO
Água	1 – Efeito splash
	2 – Erosão laminar
	3 – Ravinamento
	4 – Voçorocas
	5 – Erosão do canal fluvial
	6 – Ação em ondas
	7 – Dutos e solapamentos
Gelo	1 – Fluxo de sólidos
	2 – Erosão glacial
	3 – Arrancamento do gelo
Vento	A erosão eólica não pode ser subclassificada em tipos, ela varia principalmente por grau.
Gravidade	1 – Rastejamento
	2 – Fluxo de terra
	3 – Avalanches
	4 – Deslizamentos de terra

Fonte: Adaptada de Gray e Sotir (1996) Araújo et al (2005).

De acordo com Souza (2000) a utilização de alguns termos relativos à feições erosivas oriundas da literatura inglesa no Brasil, tem gerado algumas controvérsias semânticas. Os principais termos adotados por diversos autores são: *sheet erosion* (laminar ou lençol), *rill* (linear), *gully*, *gully erosion* (profunda), *interrill erosion* (intersulco), *piping* e *stream bank erosion* (erosão marginal ou de margem).

Segundo Nishiyama (1989) apud SOUZA (2000), *gully erosion* consiste na remoção de solos e materiais alterados a montante, pela ação do fluxo concentrado, resultando na formação de canais. No entanto, esses canais, quando não podem ser refeitos por operações normais de preparo de solo, são denominados *gully*.

Os sulcos são incisões que se formam nos solos em função do escoamento superficial concentrado (Figura 3.1). As ravinas são um tipo de sulco mais desenvolvido. As voçorocas ou são escavações ou rasgões do solo ou de rocha decomposta, resultante da erosão do lençol de escoamento superficial. As voçorocas em grandes números e relativamente paralelas dão aparecimento a verdadeiras áreas voçorocadas, normalmente terras impróprias para a agricultura, muito prejudicadas pela erosão pluvial, e cheias de sulcos e valetas de profundidades variadas (GUERRA; GUERRA, 1997).

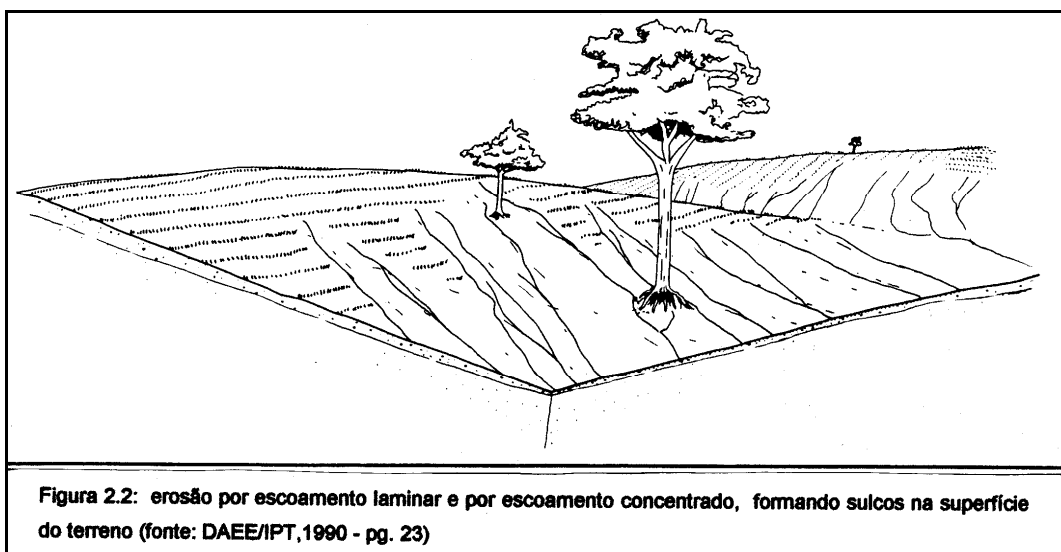


FIGURA 3.1 – Formação de sulcos na superfície do terreno.

Disponível em: DAEE/IPT, 1990 apud <http://sidklein.vilabol.uol.com.br/pos/metexp.htm>.

Segundo Rodrigues (1982) o termo voçoroca deriva do tupi-guarani IBI-ÇOROC e corresponde a terra rasgada ou rasgão no solo. Dependendo da região onde ocorre, atribuem-se outros nomes para o mesmo processo erosivo, tais como: vossoroca, buracão, grota, grotão, desbarrancado, botoroca, soroca, cavão, barroca (Portugal), lavaka (República Malgaxe), donga (África do Sul) e “*gully erosion*” (países da língua inglesa).

As voçorocas são ravinas profundas de erosão que se desenvolvem, tanto em sedimentos quanto em solos, nos taludes naturais e artificiais. Esse tipo de erosão surge em qualquer terreno, porém preferencialmente nos sedimentos silto-arenosos recentes, face à relativa facilidade que são erodidos, devido a sua baixa compacidade (RODRIGUES, 1982).

Para Gerits et al (1987), a voçoroca é caracterizada na maioria das vezes pela intensa incisão de água em um canal, mas alguns canais são dissecados com a associação da água aos sedimentos. Em áreas voçorocadas a distribuição do canal parece frequentemente coincidir com determinadas unidades litológicas. Esta coincidência pode ter diversas causas:

- A unidade litológica pode ocupar determinadas posições críticas na paisagem.
- Podem coincidir com as inclinações particularmente íngremes.
- As características de superfície de produtos do intemperismo podem criticamente afetar a hidráulica e a concentração do fluxo de superfície.

Oliveira (1999) apresenta modelo evolutivo de voçorocas, modificado de Oliveira; Meis (1985) e Oliveira (1989). São três os principais modelos apresentados: voçoroca conectada à rede hidrográfica, voçoroca desconectada da rede hidrográfica e integração entre os dois tipos. A encosta é subdividida em elementos geométricos tal como proposto por Ruhe (1974) sendo TS toeslope; FS footslope; BS backslope; SH shoulder; SU summit (Figura 3.2).

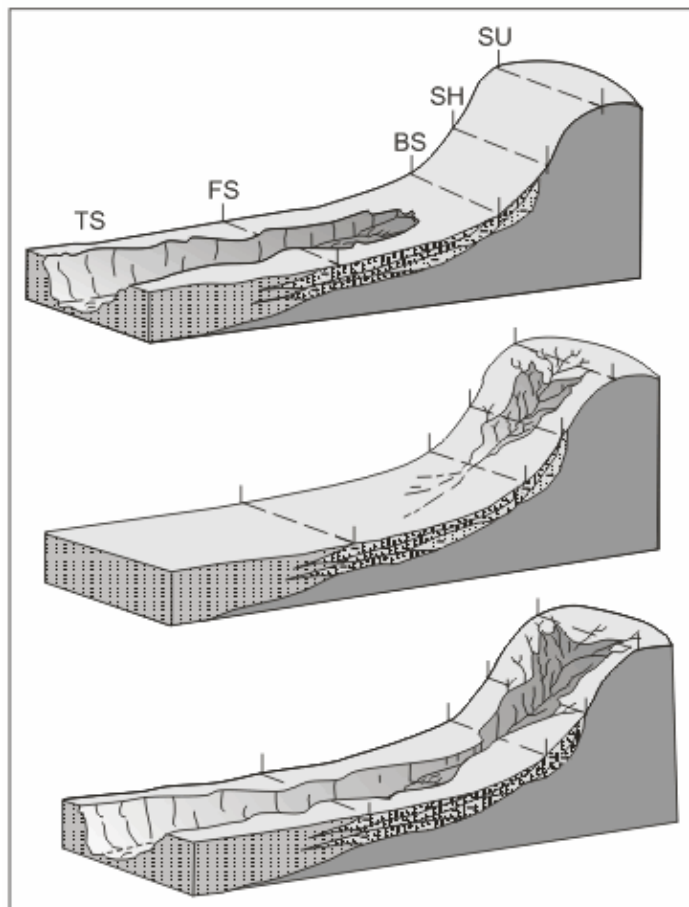


FIGURA 3.2 – Modelo evolutivo de voçorocas.

Fonte: Modificado de Oliveira e Meis (1985) e Oliveira (1989).

Segundo Iwasa e Prandini (1980 apud RODRIGUES, 1982) a gênese e evolução de voçorocas é condição fundamental para prevenção e correção dos fenômenos erosivos. As voçorocas são decorrentes do mau uso e ocupação do solo e dos métodos de combate ao fenômeno erosivo que são inadequados frente aos seus mecanismos de evolução.

Vieira (1973) apud Rodrigues (2002) ao estudar as voçorocas da região de Franca (SP), apresentou uma análise morfométrica, na qual relaciona os fatores que considera como componentes do processo erosivo acelerado, tais como clima, litologia-estrutura, hidrologia, topografia, biogeografia e ação antrópica, ressaltando que se um destes fatores for alterado, o equilíbrio de todo o sistema será rompido. Aponta a meteorização, a erosão pela gota de chuva, o escoamento pluvial, a água de infiltração, os movimentos do regolito, como sendo os principais processos morfogenéticos atuantes no fenômeno do voçorocamento.

De acordo com Guerra (2005) as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço. Dessa maneira, para se conhecer como e para onde estão evoluindo, é necessário fazer seu monitoramento. Existem diversas formas de avaliar a sua evolução. Uma das maneiras é colocar estacas no solo ao redor das voçorocas, afastadas umas das outras cerca de 20 metros (esse afastamento pode ser maior, caso a dimensão da voçoroca seja quilométrica), com afastamento de pelo menos dez metros das bordas da voçoroca. A cada dois ou três meses (ou com uma periodicidade relacionada a distribuição temporal das chuvas) retorna-se ao local e realiza-se nova medição.

Segundo Rodrigues (2002) a erosão produzida pela interferência humana é um processo existente desde a antiguidade, assumindo proporções alarmantes em várias partes do mundo, podendo-se observar diferentes feições erosivas que vão desde a erosão laminar, imperceptível nos seus estágios iniciais, até os voçorocamentos.

Um dos processos erosivos mais comuns nas áreas urbanas e também em áreas rurais é a erosão fluvial. Uma vez instalada no curso superior de um rio, isto é, nas regiões próximas as cabeceiras, onde predomina geralmente, a atividade erosiva e transportadora, há uma grande quantidade de detritos fornecidos pela água de rolamento, os quais ocorrem sobre as encostas e se juntam aos detritos originados da atividade erosiva do próprio rio. Nestas condições o rio aumenta a profundidade de seu leito, determinando uma forma de vale que lembra a de “V” agudo, são os chamados vales em “V”. No seu curso médio, graças a menor declividade, há a diminuição da velocidade das águas e do seu poder transportador, ocasionando uma possível deposição dos fragmentos maiores, que vão agora proteger o fundo do rio contra o trabalho erosivo. Com o aumento da deposição de detritos nas regiões de menor velocidade, verificam-se uma mudança na configuração do vale, que passará a ter a forma de um “U” bastante aberto, de base muitas vezes maior que os lados. Tal configuração decorre da deposição no fundo e da erosão que passou a ser lateral (LEINZ; AMARAL, 1995).

Para Pickup (1984) as características dos sedimentos depositados ao longo dos rios dependem de três fatores principais: a fonte da carga da bacia da drenagem, a capacidade do rio de classificar e transportar os sedimentos e a severidade da extensão da abrasão e

das outras forças que conduzem ao desgaste e a fragmentação da partícula, incluindo a litologia.

Araújo et al. (2005) em relação Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) afirma:

“No princípio dos anos 60, o Departamento de Agricultura Americano (USDA) desenvolveu uma equação semi-empírica conhecida como Equação Universal de Perdas de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation). A USLE leva em consideração todos os fatores conhecidos que afetam a erosão pluvial, ou seja, clima, solo, topografia e cobertura vegetal. A equação é baseada na análise estatística da erosão mensurada no campo, em uma classificação de parcelas de experimentação, sob chuva natural e simulada. Apesar e suas limitações a USLE fornece um método simples e fácil de estimar as perdas de solo. A perda anual do solo de um dado local é prevista de acordo com a seguinte relação.

$$E = R.K.L.S.C.P \text{ onde:}$$

E = perda de solo calculada por unidade de área

R = erodibilidade da chuva

K = erodibilidade do solo

L = comprimento da encosta

S = declividade da encosta

C = fator de cobertura do solo

P = fator referente as práticas de controle da erosão”.

Os riscos de erosão dependem tanto das condições naturais quanto do modelo do uso da terra. O clima (especialmente a intensidade da chuva), as características das encostas, a cobertura vegetal e a natureza do solo também são importantes. Com respeito ao uso da terra qualquer atividade humana que exija a remoção da cobertura vegetal protetora (florestas, arbustos, forragens, etc.) promove a erosão (ARAÚJO et al., 2005).

3.4 – Movimentos gravitacionais

Os movimentos gravitacionais são grandes deslocamentos de massa, ocorrem geralmente em taludes ou encostas de morros podendo ter sua causa na interferência antrópica ou não.

A estabilidade das encostas é regulada por variáveis topográficas, geológicas e climáticas que controlam a força de cisalhamento e a resistência ao cisalhamento em uma encosta. As encostas deslizam quando a força excede a resistência ao cisalhamento, ao longo de um plano de deslizamento crítico. O fator de segurança de uma encosta é definido como a

razão entre a força de cisalhamento e a resistência a ele, ao longo de uma superfície de cisalhamento crítica. A superfície com menor proporção é a superfície de cisalhamento, ela também demarca o limite entre o solo estável e o dinâmico. O termo deslizamento, implicitamente, especifica um movimento relativo entre os dois (ARAÚJO et al., 2005).

Os movimentos de massa foram classificados em categorias baseadas principalmente no tipo de movimento e material envolvido, Varnes, (1978) apud Araújo et al., (2005). O deslizamento é um movimento relativamente lento da encosta, no qual a força de cisalhamento ocorre ao longo de uma superfície específica, ou uma combinação de superfícies que constituem o plano de cisalhamento.

As Corridas são movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos. A distinção de corridas e escorregamentos nem sempre é fácil de ser feita no campo. Muitas vezes, a origem de uma corrida é representada por um típico escorregamento indicando que, em muitos casos, as corridas são movimentos complexos. Caracteriza-se pelo movimento semelhante de um líquido viscoso desenvolvimento ao longo das drenagens; velocidades médias a altas; mobilização de solo, rocha, detritos e água; grandes volumes de material; extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Segundo Araújo et al. (2005) as corridas são originadas a partir de um grande aporte de material para as drenagens. Esses materiais, associados com um determinado volume de água, acaba formando uma massa viscosa com alto poder destrutivo e de transporte, e com extenso raio de alcance. São causadas por índices pluviométricos excepcionais, sendo mais raros que os demais movimentos de massa, porém mais destrutivos”.

Os Escorregamentos são também definidos como queda de barreiras, desbarrancamentos e deslizamentos, são caracterizados como movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado, pode ser constituído por solo, rocha, por uma complexa mistura de solo e rocha ou até mesmo por lixo doméstico. As principais causas dos escorregamentos são: lançamento e concentração de águas pluviais, lançamento de águas servidas, vazamentos na rede de abastecimento da água, fossa sanitária, declividade e altura excessiva dos cortes,

execução inadequada dos aterros, deposição de lixo e remoção indiscriminada da cobertura vegetal (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Segundo Fernandes; Amaral (1996) os Escorregamentos são geralmente divididos com base na forma do plano de ruptura e no tipo de material em movimento. Quanto à forma do plano de ruptura os escorregamentos subdividem-se em translacionais e rotacionais:

“Escorregamentos Rotacionais são movimentos possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá um movimento rotacional da massa de solo. Dentre as condições que mais favorecem a geração desses movimentos destaca-se a existência de solos espessos e homogêneos, sendo comuns em encostas compostas por material de alteração originado de rochas argilosas como argilitos e folhelhos. O início do movimento está associado muitas vezes a cortes na base desses materiais, sejam eles artificiais, como na implantação de uma estrada, ou mesmo naturais, originados, por exemplo, pela erosão fluvial no sopé da encosta”.

“Os Escorregamentos Translacionais representam a forma mais freqüente entre todos os tipos de movimentos de massa. Possuem superfície de ruptura com forma planar a qual acompanha, de modo geral, descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. Tais planos de fraqueza podem ser resultantes da atividade de processos geológicos (acamamentos, fraturas), geomorfológicos (depósitos de encostas) ou pedológicos (contatos entre horizontes, contato entre saprolito). Os escorregamentos translacionais são, em geral, compridos e rasos, onde o plano de ruptura encontra-se, na grande maioria das vezes em profundidades que variam de 0,5m a 5,0m. Os materiais deslizados são subdivididos em: Rocha; Solo residual; Talús / colúvios; Lixo; Massa de detritos, uma combinação de diferentes granulometria e gênese variada”.

Queda de Blocos são movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre. Ocorrem em encostas íngremes de paredões rochosos e contribuem decisivamente para a formação dos depósitos de talus. A ocorrência de quedas de blocos é favorecida pela presença de descontinuidades na rocha, tais como fraturas e bandamentos composicionais, assim, como pelo avanço dos processos de intemperismo físico e químico (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Os Tombamentos acontecem em encostas/taludes íngremes de rochas com descontinuidades verticais, onde a mudança da geometria acaba propiciando o tombamento das paredes do talude (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Na Figura 3.3 pode-se observar o abatimento do talude caracterizando um movimento de massa.

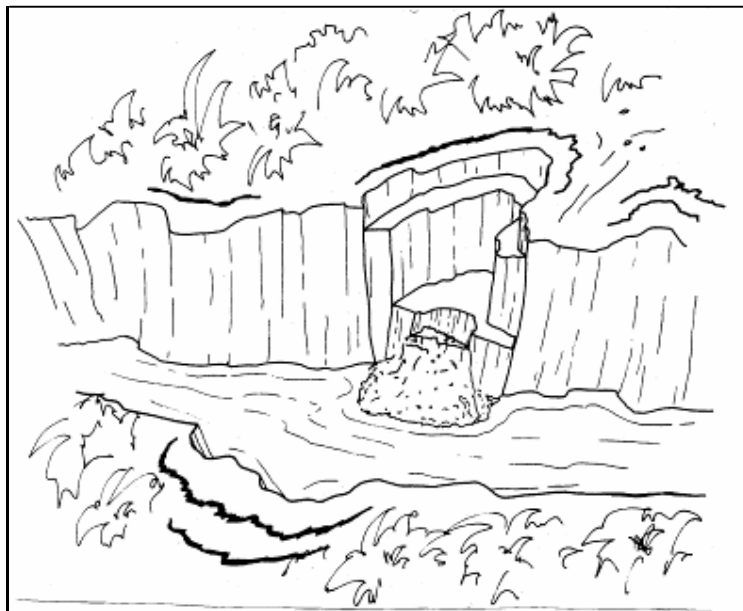


FIGURA 3.3 – Abatimento dos taludes.

Disponível em: DAEE/IPT, 1990 apud <http://sidklein.vilabol.uol.com.br/metexp.htm>.

Acesso em: 02 nov. 2007

Rastejo ou fluência são movimentos lentos associados a alterações climáticas sazonais (umedecimento e secagem). Este processo não apresenta superfície de ruptura (limite entre a massa de movimentação e o terreno estável) bem definida. Afetam tanto a superfície quanto as camadas mais profundas, e podem preceder movimentações mais rápidas, como os escorregamentos (FERNANDES; AMARAL, 1996).

O rastejo consiste em movimento descendente, lento e contínuo da massa de solo de um talude, caracterizando uma deformação plástica, sem geometria e superfície de ruptura definidas. Ocorrem geralmente em horizontes superficiais de solo e de transição solo/rocha, como também em rochas alteradas e fraturadas. A ocorrência de rastejo pode ser identificada através da observação de indícios indiretos (Figura 4), tais como: encurvamento de árvores, postes e cercas, fraturamento da superfície do solo e de

pavimentos, além do "embarrigamento" de muros de arrimo (UNESP, 2007). Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/inter09a.html>> Acesso em: 02 nov. 2007.

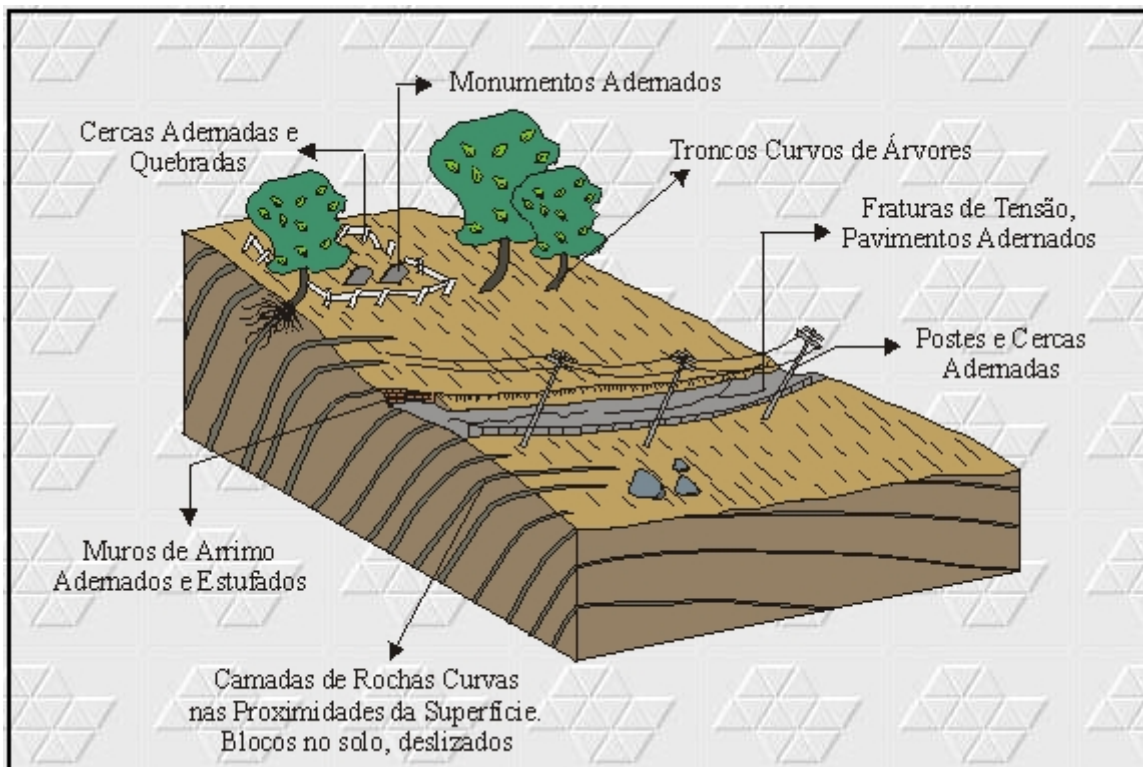


FIGURA 3.4 – Movimento de massa (Rastejo).

Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>

Acesso em: 02 nov. 2007.

3.5 – Relevo

O estudo das formas de relevo deriva substancialmente das concepções geológicas do século XVIII, que representaram a tendência naturalista prática, subjugada aos interesses do sistema de produção capitalista em desenvolvimento. Em torno de 1850 a geologia havia chegado a grandes interpretações de conjunto da crosta terrestre, contando com um corpo teórico ordenado. A partir de então, registraram-se as primeiras contribuições dos geólogos nos estudos do relevo, dentre os quais podem se destacar os trabalhos de A. Surell, expondo esquema clássico de erosão torrencial; de Jean L. Agassiz, estabelecendo as bases da morfologia glacial; de W. Jukes, apresentando os primeiros conceitos sobre os traçados dos rios; de Andrew Ramsay e Grove K. Gilbert, evidenciando a capacidade de aplainamento das águas correntes; de John W. Powell e Clarence E. Dutton, calculando os

ritmos de arraste e sedimentação dos materiais (JIMÉNEZ; CANTERO, 1982, apud CASSETI, 1994).

Gerrard, 1992; Goudie, 1995; Goudie; Viles, 1997; Guerra, 1999 e 2001; Cunha; Guerra 2000; Fernandes; Amaral, 2000; apud Araújo et al, 2005, afirmam que o estudo das formas de relevo é de importância fundamental para a recuperação de áreas degradadas. Na realidade, as atividades econômicas que o homem desenvolve na superfície terrestre estão situadas sobre alguma forma de relevo e algum tipo de solo. Essas formas de relevo darão uma resposta, que pode ser mais catastrófica ou de menor impacto, dependendo do tipo de uso e manejo do solo, e também das características do meio físico.

A geomorfologia constitui-se em um elemento essencial para análise do ambiente físico, visto que as variedades das formas na superfície revelam os processos morfodinâmicos que nele atuaram e continuam atuando. Tais processos são os testemunhos de eventos ocorridos no passado, mostrando como as formas se ajustam de maneira diferenciada (FELTRAN FILHO, 1997 apud RODRIGUES, 2002).

Fontes (1999) apud Rodrigues (2002) afirmam que o relevo também determina a velocidade dos processos erosivos. Maiores velocidades de erosão podem ser mais esperadas em relevos acidentados do que em relevos suaves, visto que as declividades mais acentuadas favorecem o desenvolvimento de maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando assim sua capacidade erosiva. A declividade tem maior importância quanto maior for o trecho percorrido pela água que escoar, isto é, quanto maior for o comprimento da encosta. Desta forma a influência do relevo na erosão é analisada respeitando-se os fatores declividade e comprimento e forma das encostas.

Para Rodrigues (1982) a declividade é indubitavelmente o fator topográfico mais relevante no condicionamento da gênese e evolução das voçorocas. Quanto maior for a inclinação da encosta, mais acentuado e volumoso será o escoamento superficial, o que acelerará os fenômenos erosivos. A análise da declividade de uma encosta pode ser expressa simplesmente por um único valor em graus. Para isto toma-se a diferença de nível entre dois pontos com as cotas mais elevada e mais baixa da encosta e a relacionamos com a distância horizontal entre eles. Essa análise não representa salvo exceções, as variações que

geralmente ocorrem ao longo da encosta. Uma análise mais realista deve considerar pelo menos três valores de declividade, sendo um na parte baixa, outro no trecho médio e o último no topo da encosta.

De acordo com Guerra e Cunha (1996) a declividade é a informação básica de topografia utilizada nas metodologias de identificação de áreas potenciais ao processo de erosão e nos sistemas de avaliação do planejamento e uso da terra. As classes de declividades e classificação do relevo em relação à declividade podem ser visualizadas nas Tabelas 3.7 e 3.8.

Tabela 3.7 – Classes de declividades.

CATEGORIAS	PERCENTAGEM (%)
Muito fraca	Até 6%
Fraca	De 6% a 12%
Média	De 12 a 20%
Forte	De 20 a 30%
Muito forte	Acima de 30%

Fonte: Guerra e Cunha (1996).

Tabela 3.8 – Classificação do relevo em relação às classes de declividade.

CLASSE DE DECLIVIDADE (%)	CLASSE DE RELEVO
0 a 3	Plano
3,1 a 8	Suave ondulado
8 a 20	Ondulado
20 a 45	Forte ondulado

Fonte: Assad e Sano (1998) apud Fujihara 2002.

A declividade fornece a medida de inclinação (em graus ou percentual) do relevo em relação ao plano do horizonte. A velocidade de deslocamento de material e, portanto, a capacidade de transporte de massas sólidas e líquidas, é diretamente proporcional à declividade. Esta variável tem grande importância nos processos geomorfológicos, condicionando cursos de água e deslocamento de colúvio (Christofolletti, 1974; Clark e

Small, 1982; Tarboton et al., 1991; Crepani et al., 1999; Nogami, 1998). Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Sestini-M-F-1999/cap2.pdf>). Acesso em: 14 out. 2007.

A topografia da bacia é um importante contribuinte através da rugosidade topográfica e da presença de declives acentuados, instáveis, ela tem um papel relevante no equilíbrio das encostas sendo um dos fatores da erosão potencial e dos movimentos de massa (GUERRA; CUNHA, 1996).

O comprimento das encostas também é um fator significativo nos processos erosivos acelerados, pois o aumento no comprimento de uma encosta faz com que ocorra um aumento no volume do escoamento superficial e, conseqüentemente, um aumento na intensidade da erosão, sobretudo sob a forma de sulcos (NISHIYAMA, 1998 apud RODRIGUES, 2002).

A morfologia de uma encosta, em perfil e em planta, pode condicionar tanto de forma direta quanto indireta, a geração de movimentos de massa. Mapeamentos de campo revelam, no entanto, que o maior número de movimentos de massa não ocorre, necessariamente, nas encostas mais íngremes. Salter et al. (1981), estudando a distribuição de deslizamentos na Nova Zelândia após chuvas intensas observaram que 97% dos deslizamentos ocorreram em encostas com declividade acima de 20°. No entanto a maior densidade de movimentos não se deu nas encostas mais íngremes (<35°), mas sim nas encostas com declividades entre 21° – 25°. Tal comportamento foi atribuído a variações no tipo de cobertura vegetal e no fato de que nas encostas mais íngremes os solos já teriam sido removidos por movimentos anteriores (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Bloom (1970), apud Rodrigues (1982) utilizando-se dos modelos geométricos de vertente de Troeh (1965), divide os quatro principais tipos de encostas em dois grupos (Figura 3.5):

“a) coletoras de água”, com contornos côncavos (quadrantes I e II); ”

“b) distribuidoras de água”, com contornos convexos (quadrantes II e IV).”

“O eixo vertical do diagrama separa as encostas com perfis convexos, que facilitam o desenvolvimento do rastejamento (quadrantes II e III), das encostas com perfis côncavos, que favorecem a lavagem pela água das chuvas (quadrantes I e IV). “

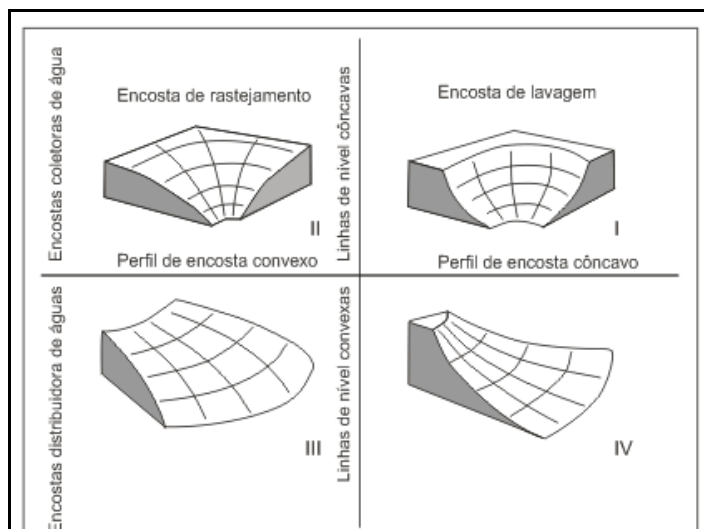


FIGURA 3.5 – Classificação dos elementos de encostas de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes.

Fonte: Adaptada Troeh (1965) apud Rodrigues 1982.

3.6 – Ação das chuvas no solo

Segundo Guerra (1999), o ciclo hidrológico (Figura 3.6) é o ponto de partida dos processos erosivos, o efeito *splash* ou impacto da gota de chuva sobre o solo é o primeiro estágio do processo erosivo, porque ele é responsável direto pela ruptura dos agregados, diminuindo a superfície de contato, selando a parte superior do solo e facilitando, portanto o transporte das partículas pelo escoamento superficial. As gotas de chuva têm uma grande importância no fenômeno erosivo, pois quando elas caem sobre o solo descoberto, podem compactá-lo e desagregá-lo aos poucos.



FIGURA 3.6 – Ciclo Hidrológico.

Fonte: Magossi e Bonacella (2001).

Carson e Kirkby (1975), Nishiyama (1998) apud Rodrigues (2002) entendem que a chuva ao alcançar a superfície do terreno, subdivide-se em vários componentes (Figura 3.7). Parte dela é retirada pela vegetação permanecendo sobre sua superfície foliar, evaporando-se posteriormente, outra parte chega à superfície do terreno mediante gotejamento, após sofrer um retardamento, parte da água da chuva chega á superfície do solo preenchendo pequenas irregularidades da superfície, produzindo um armazenamento superficial, se o solo estiver saturado e escoando superficialmente o excedente, a água que percola através da superfície do solo pode incorporar-se nele sob a forma de umidade ou continuar percolando até atingir a zona saturada. Entretanto, existem situações em que os horizontes do solo menos permeáveis, ou mesmo o substrato rochoso estando presentes, a água da percolação movimenta-se lateralmente formando um fluxo subsuperficial (*throughflow*).

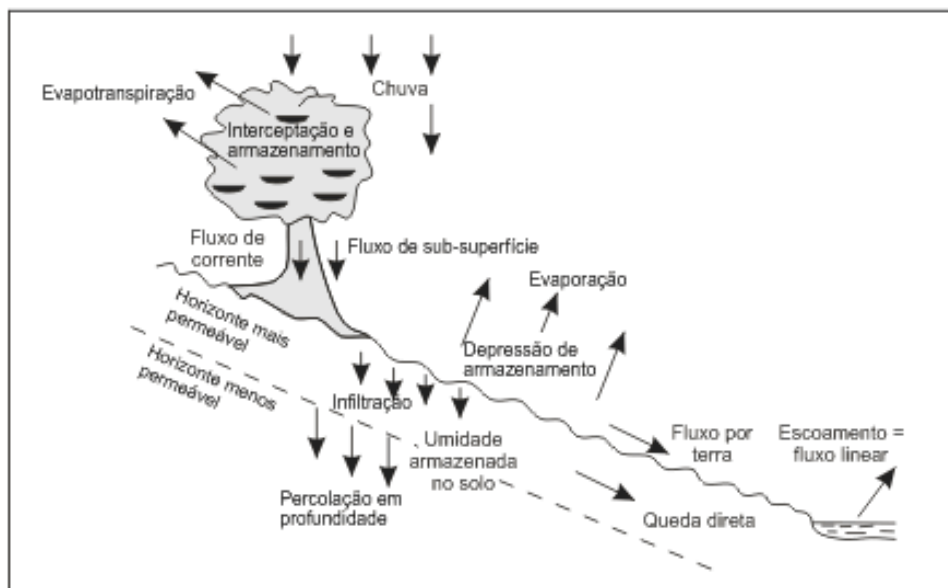


FIGURA 3.7 – Componentes esquemáticos do balanço hidrológico próximo a superfície.

Fonte: CARSON e KIRKBY (1975); NISHIYAMA (1998) apud RODRIGUES (2002).

O efeito *splash* constitui-se na etapa inicial da erosão (Figura 3.8), seguido pelo escoamento da água sobre a vertente, responsável pela retirada e transporte do material desagregado. Tais efeitos resultam, via de regra, da remoção da cobertura vegetal quando da ocupação da vertente, agravando-se com a remoção de parte dos depósitos de cobertura, capa protetora natural contra a erosão. A concentração da água pluvial proporciona o

aumento da energia cinética que, em contato com a superfície exposta, desencadeia o processo de erosão (RODRIGUES, 2002).

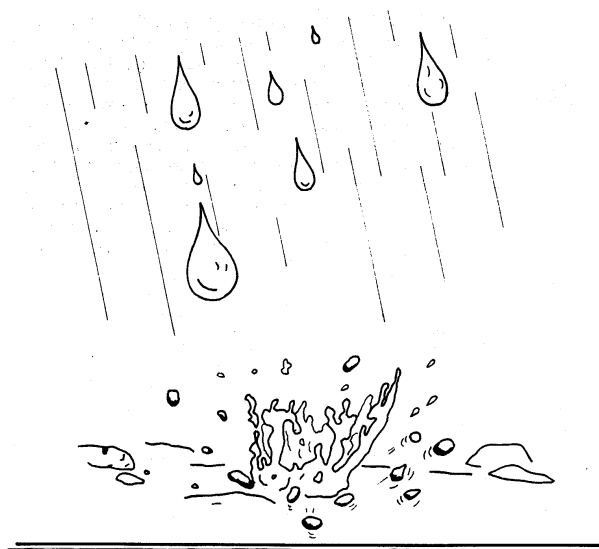


FIGURA 3.8 – Impacto da água de chuva na superfície do solo.
Disponível em: DAEE/IPT, 1990 apud: [//sidklein.vilabol.uol.com.br/pos/metexp.htm](http://sidklein.vilabol.uol.com.br/pos/metexp.htm).

Salomão (1999), apud Reis (2004), descreve o efeito *splash* da seguinte maneira: para processos erosivos dois importantes eventos desencadeadores merecem destaque, o primeiro é o impacto das gotas de chuva no solo, em particular nos solos onde foi retirada a cobertura vegetal, a força do impacto provoca a desagregação e liberação de suas partículas. O segundo momento se dá por meio do escoamento superficial das águas, as partículas liberadas são transportadas para as partes mais baixas do relevo.

Ellison (1948), apud Araújo et al. (2005), o efeito *splash*, resulta do impacto das gotas de chuva caindo diretamente sobre as partículas de solo expostas ou finas superfícies de água cobrindo o solo. Quantidades enormes de solo podem ser desprendidos. Em solos expostos, estimou-se que até 250 t/ha podem ser salpicados no ar durante uma chuva forte, em encostas íngremes, esse salpico causará um movimento encosta abaixo.

Ellison (1944, 1947), Nishiyama (1998), mencionados por Rodrigues (2002), compreendem que as partículas deslocadas de sua posição inicial pelo splash podem atingir alturas de até 60 cm ou mais, e se deslocarem por mais de 150 cm horizontalmente. Nos taludes com mais de 10% de inclinação e ausência de ventos, a incidência de gotas de

chuva faz com que cerca de 3/4 das partículas lançadas pelo impacto sejam transportadas em direção a jusante do ponto de colisão, e 1/4 das partículas movam-se a montante.

De acordo com Guerra (1999), a ação do *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento (Guerra; Guerra, 1997), em português, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Trabalhos experimentais têm demonstrado o significado da ação morfogenética do pingo da chuva, responsável pela desagregação do material, sobretudo quando a superfície da vertente encontra-se desprotegida. Carson; Kirkby (1972) citam deslocamento de partículas desde curtas distâncias, da ordem de alguns milímetros, até maiores distâncias, podendo atingir o raio de 10 cm em relação ao ponto de impacto. Da mesma forma, o *splash* move diretamente detritos em torno de 10 mm de diâmetro, e indiretamente pode deslocar fragmentos de maiores dimensões.

É mister lembrar que a gota de chuva tem uma elevada energia cinética, podendo deslocar partículas e arremessá-las a distâncias variáveis, a quantidade de partículas desprendidas e a distância que são arremessadas dependem de fatores como tamanho e velocidade da gota de chuva, volume, intensidade e frequência das precipitações, bem como as variações de temperatura, tipos de solo e relevo (RODRIGUES, 2002).

O efeito *splash* varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de água, mas também com a própria energia cinética das gotas de chuva. Dependendo da energia impactada sobre o solo, vai ocorrer, com maior ou com menor facilidade, a ruptura dos agregados, formando as crostas que provocam a selagem dos solos. A compactação resultante do impacto de gotas de chuva cria uma crosta superficial de 0,1 a 3,0 mm de espessura (Farres, 1978), que pode implicar redução da capacidade de infiltração superior a 50%, dependendo das características do solo (MORIN et al., 1981 apud GUERRA, 1999).

Guerra (1997) aborda de forma eficiente a distinção de erosividade e erodibilidade:

“Quando se fala de erosão deve-se distinguir erodibilidade de erosividade. Erodibilidade diz respeito à susceptibilidade que os solos têm de ser erodidos. Dentre as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade, podemos destacar o teor de areia, silte e argila, a densidade aparente e real, a porosidade, o teor e a estabilidade dos agregados, o teor de matéria orgânica e o pH dos solos. Erosividade é a propriedade que as águas das chuvas têm de

provocar a erosão do solo. Pode ser medida através da energia cinética das águas das chuvas. A maior ou menor erosividade depende, não só da intensidade a chuva, mas também da quantidade total de chuva, precipitada em uma determinada área, levando-se em conta o tempo de duração de cada evento chuvoso. Os escoamentos superficiais de águas pluviais podem desencadear sulcos, ravinas, erosão e a voçoroca ou voçoroca e bad land. A intensidade das chuvas é extremamente importante para o entendimento dos processos morfogenéticos. As chuvas de elevada intensidade são as responsáveis por mudanças acentuadas nas voçorocas”.

Para Young et al (1990) a erodibilidade do solo é a facilidade com que o solo é destacado pelo respingo durante a chuva e ou pela arraste do fluxo de superfície. Fundamentalmente a erodibilidade do solo é a mudança na matriz do solo ou no estado da energia da matriz do solo pela força ou energia externa aplicada. Na equação universal da perda do solo (USLE) (WISCHMEIER; SMITH 1978), o erodibilidade do solo é relacionado aos efeitos integrados da chuva, do escoamento superficial e da infiltração e perda do solo e o fator do erodibilidade do solo, o fator K, reflete os efeitos combinados de todas as propriedades do solo que influenciam significativamente na perda do solo e o efeito da chuva e o escoamento superficial, se o solo não for protegido por resíduos de colheita, sedimentos, cobertura vegetal.

Segundo Rodrigues (1982) como a evolução do processo erosivo está ligada a quantidade de água excedente que escoar na encosta, é importante estabelecer os índices pluviométricos para os meses durante o ano. É evidente que os processos erosivos são mais atuantes e enérgicos durante o período chuvoso. A intensidade das chuvas é extremamente importante para o entendimento dos processos morfogenéticos. Chuvas de mesma intensidade, porém com durações diferentes, terão ações erosivas diferenciadas, e tanto maiores quanto mais longas a precipitação.

Para Torri (1987) a erosão superficial é influenciada extremamente por características do solo, que determinam diretamente a resistência de partículas do solo, ao destacamento dos agregados e pelo impacto da gota de chuva. Além disso, as características do solo influenciam no fluxo superficial, na taxa de infiltração e nas condições superficiais de tipo de solo.

Segundo Guerra; Cunha (1996), nas áreas rurais, o mau uso da terra, aliado a intensa mecanização e a monocultura, pode provocar erosão laminar, ravinas e voçorocas. A concentração das chuvas, os elevados teores de silte e areia fina, os baixos teores de matéria orgânica e a elevada densidade aparente contribuem sem dúvida para o aumento da degradação nessas áreas.

As chuvas representam o principal elemento climático altamente relacionado com os desequilíbrios que se registram na paisagem das encostas. A variação espacial da intensidade das precipitações (volume) associada à sua frequência (concentração em alguns meses do ano), são fatores primordiais a serem avaliados em situações críticas. Chuvas concentradas, associadas aos espessos mantos de intemperismo e ao desmatamento podem gerar áreas de potenciais de erosão e de movimentos de massa, fornecedoras de sedimentos para os leitos fluviais (GUERRA; CUNHA, 1996).

Rodrigues (1982) afirma que o tipo de solo também é fator importante a ser considerado no tocante à ação erosiva pela gota d'água, sendo esta proporcional à coesão do solo. O impacto do pingo de chuva em terrenos arenosos gera o aparecimento de pequenas depressões que deixam as partículas progressivamente mais soltas, tornando-se facilmente deslocáveis por processos erosivos posteriores.

Em se tratando dos Cerrados, Baccaro (1999), salienta que:

“a estabilidade das encostas vem sendo comprometida pelos processos erosivos relacionados com a água da chuva, desde o escoamento laminar ou em lençol lavando a superfície dos solos desprotegidos pela ação do homem e pelo longo período de estiagem, assim como pela canalização do escoamento superficial pluvial em fluxos concentrados, rasgando as longas vertentes recobertas em sua maioria por pastagem”.

De acordo com Guerra e Cunha (2000), os processos erosivos desencadeados pelas chuvas de modo geral ocorrem quase que numa totalidade pelo planeta, na região dos trópicos (isto ocorre com maior intensidade), pois seus índices pluviométricos são bem mais elevados e em algumas regiões concentrados o que acelera ainda mais o desgaste erosivo. Somando a energia das chuvas alguns fatores acentuam os processos erosivos como o

desmatamento para extração de madeira ou para práticas agrícolas, pois retirando a cobertura natural os solos ficam desprotegidos facilitando a ação erosiva.

3.7 – Cobertura vegetal

A vegetação constitui um importante fator de proteção do solo contra a atuação das gotas de chuvas e aumento da resistência aos escoamentos superficiais. A deposição de partículas, por interceptação ou por redução de velocidade do fluxo da água é importante na contenção e aglutinação do solo por ação das raízes, formando agregados mais estáveis e ampliando as taxas de infiltração. Neste sentido, Epstein e Grant (1973), Nishiyama (1998), apud Rodrigues (2002) concluem que a presença da cobertura vegetal, viva ou morta, evita a formação de crosta decorrente da ação da água de chuva.

A retirada de vegetação de uma encosta para a implantação de casas ou mesmo para o cultivo resulta na exposição do solo, aumentando a possibilidade de escorregamentos e/ou movimentos de massas. Geralmente nas encostas com vegetação, é mais difícil o aparecimento de movimentos de massa, principalmente escorregamentos, entretanto, a simples presença de vegetação não significa que em uma determinada encosta não vá apresentar problemas, mas diminui muito suas possibilidades (RODRIGUES, 2002).

A vegetação, de maneira geral, protege o solo de fatores que condicionam os deslizamentos, como a compactação do solo pelo impacto de gotas de chuva e conseqüente aumento do escoamento superficial, pois a cobertura vegetal intercepta as águas pluviais reduzindo a energia cinética e favorecendo a infiltração, além de certos tipos de sistemas radiculares conterem a erosividade por manterem a agregação do solo. Porém em regiões tropicais úmidas, nem sempre isso ocorre. Nos períodos de elevada pluviosidade a água das chuvas penetra entre as descontinuidades do dossel atingindo o solo, compactando-o, gerando e/ou reativando ravinas e canais de primeira ordem, o que ocorrem especialmente se não houver uma cobertura composta de flora de porte arbustivo (Tricart, 1972; Thomas, 1979; Selby, 1982; Wolle, 1988; Guerra, 1994), apud disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Sestini-M-F-1999/cap2.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2007.

Tendo como base os processos de movimentos de massa, sabe-se que a cobertura vegetal, de forma geral, inibe suas ocorrências, pois a matéria orgânica, devido à polarização

positiva que possui, mantém a sustentação da vertente ao agregar as partículas de argila do solo (polarizadas negativamente), mantendo-o coeso, em oposição à ação da gravidade (STRAHLER; STRAHLER, 1992, SELBY, 1985 apud FELLIPE; UMBELINO, 2007).

Rodrigues (1982) afirma que a retirada da cobertura vegetal provoca uma série de mudanças no sistema, que se fazem sentir no solo através da interrupção do efeito estabilizador da floresta, da interrupção de todas as funções exercidas pela cobertura vegetal (interceptação, retenção, evapotranspiração e outras), do desaparecimento do horizonte húmico, facilitando o aumento da infiltração, da elevação do lençol freático e conseqüente aumento do grau de saturação do maciço natural, da diminuição da resistência mecânica do solo pela deteriorização do sistema radicular.

Segundo Lima (1960 apud RODRIGUES, 1982) a destruição da cobertura vegetal é o principal agente desencadeador da erosão acelerada.

A cobertura vegetal reduz as taxas de erosão do solo através de sua densidade, da possibilidade de reduzir a energia cinética das chuvas através da interceptação de suas copas, e de formar húmus, importante para a estabilidade e teor de agregados dos solos (GUERRA; CUNHA, 1996).

Guerra (2005) afirma que a vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão pluvial. No caso de erosão superficial a vegetação herbácea e as gramíneas são mais eficientes que a vegetação arbórea, porque fornecem uma cobertura densa no solo. Os efeitos benéficos da vegetação herbácea e de gramíneas na prevenção da erosão pluvial são assim apresentados pelo autor:

“Interceptação: as folhagens e os resíduos de plantas absorvem a energia da chuva e impedem o destacamento do solo pelo impacto da chuva”.

“Contenção: o sistema radicular ata ou contém fisicamente as partículas do solo, enquanto as partes acima da superfície filtram os sedimentos do escoamento superficial”.

“Retardamento: os caules e as folhagens aumentam a rugosidade da superfície e diminuem a velocidade do escoamento superficial”.

“Infiltração: as plantas e os seus resíduos ajudam a manter a porosidade e a permeabilidade do solo, consequentemente atrasando ou mesmo impedindo o início do escoamento superficial”.

3.8 – Ação antrópica

A inserção do Brasil na nova divisão internacional do trabalho, do Pós-Segunda Guerra, conduziu a uma acelerada transformação no uso do território, que se refletiu principalmente na consolidação da urbanização do país, a ocupação intensiva e extensiva da nação foi regida por uma nova lógica de organização econômica. (ALMEIDA, 2001).

O espaço urbano é resultado de drásticas transformações antrópicas sobre o meio físico ao longo dos anos. Inúmeros pesquisadores tomaram por objeto de estudo em função dos impactos que estes espaços estão submetidos. Assim, buscou-se de forma integrada determinar variáveis, diagnosticar, compreender e prever os efeitos da ocupação humana sobre o meio físico, como sua dinâmica temporal. As áreas urbanas por constituírem ambientes onde a ocupação e a concentração humana tornaram-se intensas e muitas vezes desordenadas, transformaram-se em locais sensíveis às gradativas transformações antrópicas à medida que se intensificam em frequência e intensidade o desmatamento, a ocupação irregular, a erosão e o assoreamento dos canais fluviais, entre outras coisas (GONÇALVES; GUERRA, 2001).

O surgimento e o crescimento de uma cidade estão profundamente relacionados com a posição do seu sítio em relação aos espaços vizinhos. Muitas vezes o relevo e as facilidades ou dificuldades que este estabelece para a expansão dos assentamentos humanos pode interferir em seu crescimento. Todas as cidades do mundo, de modo geral, são constantemente pressionadas pela demanda de espaço. Isto acaba forçando tanto a incorporação de novos territórios como o adensamento dos já ocupados. Assim as cidades tendem a crescer, ampliando sua periferia no sentido horizontal e verticalizando as áreas centrais, quando esse crescimento não é controlado torna-se precário os serviços urbanos, e geram vários problemas inclusive ambientais (ROSS, 2003).

A urbanização é o processo de conversão do meio físico natural para o assentamento humano, acompanhada de drásticas e irreversíveis mudanças do uso do solo, gerando uma

nova configuração da superfície aerodinâmica e das propriedades radiativas, da umidade e da qualidade do ar. (OKE, 1980 apud BRANDÃO, 2001).

Acredita-se que os seres humanos, ao se concentrarem num determinado espaço físico, aceleram inexoravelmente os processos de degradação ambiental. Segundo esta lógica, a degradação ambiental cresce na proporção que a concentração populacional aumenta. Desta forma, cidades e problemas ambientais teriam entre si uma relação de causa e efeito rígido. Outra idéia generalizada pelo senso comum é a de que os seres humanos são, por natureza, depredadores e aceleradores dos processos erosivos (COELHO, 2001).

As cidades são os locais onde o homem produz seu maior impacto sobre a natureza. A sua construção alteram de modo drástico os ambientes naturais onde são erguidas, criando um novo ambiente, com demandas únicas, em que cada habitante, em média, consome diariamente 560 litros de água, 1,8 kg de alimentos, 8,6 kg de combustível fóssil e cerca de 450 litros de águas servidas (sujas), 1,8 kg de lixo e 0,9 de poluentes do ar (UNESCO, 1983 apud DIAS, 2001).

Dentre as modificações globais que estamos experimentando, uma especial atenção tem sido dada a correlação crescimento populacional humano versus mudanças globais induzidas pelas práticas do uso da terra e pelas modificações causadas em sua cobertura (DIAS, 2001).

A ampliação das áreas impermeabilizadas, devido ao crescimento urbano, repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia. Afeta, também, o funcionamento do ciclo hidrológico, uma vez que interfere no rearranjo dos armazenamentos e na trajetória das águas. Para a área da seção transversal dos cursos d'água não ser afetada pela urbanização é necessário que o total das áreas pavimentadas da bacia de drenagem seja inferior a 5% da área total (CHRISTOFOLETTI, 1980 apud GUERRA; CUNHA, 2000).

Monbeig (1949), apud Rodrigues (1982), ressalta que a interferência do homem, a permeabilidade do solo e o clima são os fatores mais relevantes para explicar o fenômeno erosivo.

A complexidade dos processos de impacto ambiental urbano apresenta um duplo desafio. De um lado é preciso problematizar a realidade e construir um objeto de investigação, de outro, é necessário articular uma interpretação coerente dos processos ecológicos e sociais à degradação do ambiente urbano (COELHO, 2001).

Morin (1998), apud Coelho (2001) descreve que o ambiente ou meio ambiente é social e historicamente construído:

“Sua construção se faz no processo da interação contínua entre uma sociedade em movimento e um espaço físico particular que se modifica permanentemente. O ambiente é passivo e ativo. É, ao mesmo tempo, suporte geofísico, condicionado e condicionante de movimento, transformador da vida social. Ao ser modificado, torna-se condição para novas mudanças, modificando assim a sociedade. Para a ecologia social, a sociedade transforma os ecossistemas naturais, criando com a civilização urbana um meio ambiente urbano, ou seja, um novo meio, um novo ecossistema, ou melhor, um ecossistema urbano, no ecossistema natural”.

Segundo Pastore (1986) a implantação de obras civis, loteamentos, expansão urbana e atividades de mineração e agrícolas, encontram-se entre os casos mais comuns de fonte de material erodido, em consequência da intervenção desordenada do homem no meio físico, a erosão hídrica acelerada desagrega os materiais do solo em seu estado natural, com a simultânea remoção dos mesmos de um lugar para outro, de forma mais intensa que a natural.

Pela complexidade o tema erosão deve ser enfrentado por equipes multidisciplinares em que a soma da experiência de profissionais de diferentes áreas pode levar sem dúvida as melhores soluções. Desta forma são de extrema importância para o assunto os estudos relativos ao meio físico tanto no seu aspecto qualitativo quanto quantitativo. As principais características são os dados de clima, relevo, vegetação, origem, distribuição e propriedades intrínsecas do solo, são imprescindíveis, ainda os dados de ocupação e

manejo dos solos que, aliados aos conhecimentos da dinâmica do meio físico, podem levar a critérios de projetos mais adequados à solução ou a prevenção dos problemas erosivos (PASTORE, 1986).

Dentre as principais causas associadas à intervenção humana na indução de escorregamentos destacam-se (IPT, 1991):

- “- Lançamento e concentração de águas pluviais.*
- Lançamento de águas servidas.*
- Vazamentos na rede de abastecimento de água.*
- Fossa sanitária*
- Declividade e altura excessivas de cortes.*
- Execução inadequada de aterros.*
- Deposição de lixo.*
- Remoção indiscriminada da cobertura vegetal.”*

É evidente a interdependência dos diversos fatores naturais do meio ambiente: clima, tipos de solo, relevo, vegetação, entre outros. Entretanto, a maneira como o homem utiliza e ocupa o meio físico (falta de planejamento e desconsideração dos atributos limitantes deste meio), pode ser fator condicionante a uma série de aspectos destrutivos, culminado numa intensa degradação ambiental (RODRIGUES, 2002).

CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho desenvolveu-se um levantamento bibliográfico, vários trabalhos de campo, coleta de material (solo) para ensaios mecânicos, aquisição de fotografias aéreas de diferentes épocas, coleta de dados na Prefeitura Municipal de Uberlândia em relação à ocupação da área de estudo, confecção de mapas de declividade, altimetria e perda da vegetação ao longo dos anos.

Nos diversos trabalhos de campo realizados, houve um acompanhamento fotográfico, inicialmente por uma máquina fotográfica Canon “AF” e posteriormente máquina fotográfica SONY digital DSC – W30. Estes registros fotográficos permitiram acompanhar toda a dinâmica da área de estudo no período da pesquisa.

Neste sentido seguiram-se as etapas de realização desta pesquisa.

4.1 – Primeira Etapa

Revisão bibliográfica envolvendo o tema: Córrego Campo Alegre consultando livros, revistas, jornais, Internet, leis e resoluções, para maior interação do assunto proposto. E também levantamento de dados na Prefeitura Municipal de Uberlândia: início da ocupação da área, aprovação dos loteamentos, número de habitantes, para melhor compreensão da urbanização na bacia do córrego Campo Alegre.

4.2 – Segunda Etapa

A segunda etapa consistiu em estimar a vazão mensal do córrego Campo Alegre, para ter subsídios para entendimento de uma possível influência da vazão do córrego no arraste de material à jusante e também colaborar com o meio acadêmico com aquisição de dados sobre a vazão do córrego.

Durante o período de agosto de 2005 a dezembro de 2006 foi realizada a medição da vazão do córrego, anotando-a uma única vez ao mês, não ultrapassando a primeira quinzena, tentando estabelecer intervalos de dias mais aproximados possíveis. O ponto escolhido para medição foi após o anel viário, por ser a única saída de água à jusante da área de estudo (Figura 4.1).



FIGURA 4.1 – Local de medida da vazão do córrego Campo Alegre.
Data: 15/02/2006.

Para a medição da vazão utilizou-se a técnica de medir o tempo em que um volume de água se desloca de um ponto determinado da montante para outro ponto determinado da jusante, distantes 10 (dez) metros um do outro (VASCONCELOS 2005). Este procedimento consistiu na utilização de um determinado corpo flutuante, lançado alguns metros acima do ponto inicial de leitura, com o objetivo de alcançar a velocidade da correnteza e proporcionar o registro do tempo de percurso entre os 10 (dez) metros na distância longitudinal do córrego o mais confiável possível (Figuras 4.2 e 4.3), vale ressaltar que este método foi realizado dez vezes em cada dia de leitura, totalizando 170 medições de agosto de 2005 a dezembro de 2006, para que se pudesse tirar uma média mensal mais aproximada possível da vazão do córrego.



FIGURA 4.2 – Ponto inicial da medição da vazão do córrego. (Dez metros)
Data: 05/08/2005.



FIGURA 4.3 – Local de medição da vazão do córrego.
Data: 05/08/2005.

Foi medida também a secção do córrego (profundidade e largura) em metros e registrou os valores encontrados em uma planilha (Figura 4.4). De posse destas variáveis chegou-se a vazão do córrego, naquele momento obteve o volume de água na extensão de dez metros demarcados ao longo do canal fluvial e os resultados finais obtidos foram: volume de água da sessão analisada em litros (l) e o tempo gasto em segundos (s) pelo flutuador para deslocar-se no espaço de dez metros no sentido da montante para a jusante. Obteve-se o resultado da vazão em litros por segundo (l/s).

Identificação dos pontos da planilha da Figura 4.4 (Planta do córrego ou vista superior):

Ponto A – profundidade no lado direito do córrego.

Ponto B – profundidade na parte central do córrego.

Ponto C – profundidade no lado esquerdo do córrego.

Ponto D – profundidade no lado direito do córrego, após 2,5 metros do ponto A.

Ponto E – profundidade na parte central do córrego, após 2,5 metros do ponto B.

Ponto F – profundidade no lado esquerdo do córrego, após 2,5 metros do ponto C.

Ponto G – profundidade no lado direito do córrego, após 2,5 metros do ponto D.

Ponto H – profundidade na parte central do córrego, após 2,5 metros do ponto E.

Ponto I – profundidade no lado esquerdo do córrego, após 2,5 metros do ponto F.

Ponto J – profundidade no lado direito do córrego, após 2,5 metros do ponto G.

Ponto K – profundidade na parte central do córrego, após 2,5 metros do ponto H.

Ponto L – profundidade no lado esquerdo do córrego, após 2,5 metros do ponto I.

Ponto M – profundidade no lado direito do córrego, após 2,5 metros do ponto J.

Ponto N – profundidade na parte central do córrego, após 2,5 metros do ponto K.

Ponto O – profundidade no lado esquerdo do córrego, após 2,5 metros do ponto L.

PLANILHA DE REGISTRO DAS DIMENSÕES DO CÓRREGO CAMPO ALEGRE (SENTIDO MONTANTE PARA JUSANTE)				
MONTANTE				
	● Ponto A	● Ponto B	Ponto C ●	
	←----- Largura do córrego -----→			
	● Ponto D	● Ponto E	Ponto F ●	
	←----- Largura do córrego -----→			
	● Ponto G	● Ponto H	Ponto I ●	
	←----- Largura do córrego -----→			
	● Ponto J	● Ponto K	Ponto L ●	
	←----- Largura do córrego -----→			
	● Ponto M	● Ponto N	Ponto O ●	
	←----- Largura do córrego -----→			
JUSANTE				

FIGURA 4.4 – Croqui da Planilha utilizada mensalmente para registro das dimensões do córrego.

4.3 – Terceira Etapa

Aquisição de recursos básicos para análise ambiental da área em estudo:

- Fotografias aéreas de diferentes épocas, (USAF 1964; IBC-GERCA 1979; ENGEFOTO 1997; monocromáticas e PMU 2004 colorida), na escala 1: 8.000, e através de um estereoscópio compará-las e visualizar a evolução de todo o processo erosivo, a urbanização da bacia e a perda da vegetação nativa, desde 1979 até o ano de 2004.

Os mapas de localização da área de estudo, de declividade, altimetria, vegetação foram obtidos através do processo de digitalização que consistiu em três fases:

- Base cartográfica da área de estudos foi elaborada a partir das orthofotos escala 1:8.000 de março de 2004, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Uberlândia. As mensurações dos atributos analisados, bem como a vetorização dos *layers* referentes à drenagem, vias de circulação, erosão e polígono da área de estudos foi elaborada no ambiente do *software* ArcView 9.1.
- Digitalização da Carta Topográfica Cachoeira do Sucupira (Folha SE.22-Z-B-VI-4-SO) escala 1:25.000 e Carta Topográfica Uberlândia (Folha SE.22-Z-B-VI-3-SE) escala 1:25.000.
- Georreferenciamento das orthofotos foi feito utilizando-se pontos de controle levantados em campo com utilização de receptor GPS marca Garmin, modelo Etrex Legend, com acurácia de 8 m.

4.4 – Quarta Etapa

Em 22/11/2004 foram instaladas com o auxílio de uma marreta de 500 gramas, 12 estacas de madeira (400 x 50 x 15) mm, na área da voçoroca, na margem esquerda do córrego para o monitoramento de sua evolução. Este local foi escolhido por ser considerado no início do trabalho o ponto mais crítico, estas estacas foram instaladas entre 2 e 4 metros da margem e 5 metros de espaçamentos entre si.

Em 22/07/2007 com a utilização de uma trena modelo: GW-7H85X (7,5 metros) foi medida a distância de evolução da erosão lateral do córrego, tendo como referência as estacas posicionadas em 22/11/2004.

4.5 – Quinta Etapa

A quinta etapa quantificou e qualificou as camadas de solos existentes através de ensaios físicos tais como: massa específica, análise granulométrica, permeabilidade, azul de metileno, erodibilidade, pH, compactação, cisalhamento direto, utilizando amostras deformadas e indeformadas para relacionar as propriedades mecânicas dos solos com o processo erosivo. Estes ensaios foram realizados no período de fevereiro a junho de 2006 no Laboratório de Solos da FECIV (Faculdade de Engenharia Civil) e no Laboratório de Geologia do IG (Instituto de Geografia), ambos da Universidade Federal de Uberlândia, com o auxílio dos técnicos responsáveis pelos laboratórios.

Em 13/02/2006, seguindo a NBR 9604/1986 (Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas), foram coletadas quatro amostras deformadas de solo da área da vereda, utilizou-se para esta atividade pá, enxada, picareta e sacos plásticos de 50 litros. A retirada deste número de amostras deve-se ao fato de visualmente observar quatro tipos de cores diferentes, amarelo, rosado, cinzento claro e preto (Figuras 4.5 e 4.6).



FIGURA 4.5 – Talude da vereda do córrego Campo Alegre.
Data: 15/02/2006.



FIGURA 4.6 – Talude da vereda do córrego Campo Alegre.
Data: 15/02/2006.

Para os ensaios nos Laboratórios de Solos da UFU utilizou-se a norma NBR 7181 (solo – análise granulométrica), juntamente com as Normas Complementares: NBR 5734 (peneiras para ensaio – especificação) e NBR 6457 (preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização – método de ensaio). Os ensaios de granulometria foram realizados com o objetivo de se determinar a curva de distribuição granulométrica para uma possível classificação do material coletado.

Foi utilizada a Norma NBR 6457/1995, para encontrar o Teor de Umidade, o Teor de Umidade Higroscópica. A obtenção da massa específica dos grãos foi feita através do método do Picnômetro, obedecendo a NBR 6508/1984, uma vez que para a aplicação desta norma é necessário consultar a NBR 5734 (Peneiras para Ensaio – Especificação) e a NBR 6457 (Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização). Realizaram-se dois ensaios satisfatórios, até conseguir resultados que não diferiram de mais de 0,02 g/cm³.

O Peneiramento fino foi conseguido após secar o material resultante da sedimentação retido na peneira de 0,075 mm em estufa, a temperatura de 105° C a 110° C, até constância de massa. Utilizando-se o agitador mecânico, passou o material nas peneiras de 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15; 0,075mm. Anotou-se a resolução de 0,01g das massas retidas acumuladas em cada peneira.

Para execução do limite de liquidez utilizou-se a NBR 6459/1984 (Determinação do limite de liquidez), consultando a NBR 6457 (Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização).

Para execução do limite de plasticidade utilizou-se a NBR 7180/1984 e como apoio a NBR 6459/1984 (Determinação do limite de liquidez), consultando também a NBR 6457 (Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização).

Para obter os valores do Ensaio de Compactação utilizou-se a Norma NBR 7182/1986. Também foram utilizadas, as Normas Complementares NBR 5734 (Peneiras para ensaios – Especificação), NBR 6457 (Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização – Método de ensaio), NBR 6508 (Grãos de solo que passam na peneira 4,8 mm – Determinação da massa específica – Método de ensaio).

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados em amostras indeformadas retiradas no talude do córrego (Figuras 4.5 e 4.6), com o auxílio da norma NBR 9604/1986 (Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas). Utilizando um aparelho de cisalhamento direto motorizado, com razão de deformação constante modelo: EQP- 1000 (EQUIPGEO), de caixa de aço inoxidável de 100 mm de lado. Os testes foram realizados a uma velocidade constante de avanço da máquina de 0,0812 mm/min, e tensão normal aplicada à amostra de 1 Kgf/cm²; 1,5 Kgf/cm² e 2 Kgf/cm², com peso do sistema de 43,80 g, pressão do sistema 0,438 Kgf/cm², com uma forma de 174,04 g, e altura de 19,98 mm, uma área de seção 103,93 cm², volume do corpo de prova de 207,66 cm³. A coleta de dados ocorreu a cada 30 segundos e, após cada experimentação, a curva tensão-deformação do solo foi obtida plotando-se a deformação horizontal da amostra no eixo das abscissas, versus tensão cisalhante no eixo das ordenadas. Os experimentos foram realizados no período de 28 de abril de 2006 a 03 de maio de 2006.

Em dezembro de 2006 após receber as quatro amostras de solos existentes no córrego Campo Alegre, o Laboratório de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, fez uma análise para a identificação do pH de cada amostra.

No intuito de entender o comportamento da água no solo foi realizado um ensaio de laboratório de permeabilidade utilizando um permeâmetro de carga constante em amostra indeformada, os valores médios do Coeficiente de Permeabilidade (k), para temperatura de 20° C (K₂₀); diâmetro médio do anel do corpo de prova 79,7 mm; altura do anel do corpo de prova 31,9 mm; tara do corpo de prova 251,4; volume do corpo de prova 157,3 cm³, sendo a altura da carga hidráulica 67 mm. Anotou-se o tempo em segundos de escoamento a cada ml, o número de leituras e a temperatura respectiva.

O ensaio de azul de metileno utilizou o método baseado em linhas gerais no procedimento descrito por Lan (1977, 1980) e Beaulieu (1979) apud Pejon (1992). Utilizou material que passou na peneira 2 mm; determinou-se a umidade da amostra; pesou 3 gramas de solo úmido; preparou uma suspensão com solo e 10 ml de água destilada, dissolveu 1 litro de água destilada com 1,5 g de azul de metileno. Usando um agitador, uma bureta, um Becker, uma haste de vidro e papel de filtro para cristais finos, iniciou o ensaio certificando que durante todo o experimento a suspensão do solo permaneceu em constante

agitação. Adicionou-se uma quantidade de solução de azul de metileno e após um intervalo de três minutos procedeu-se à retirada com uma haste de vidro, de uma gota da suspensão de solo, que foi colocada sobre o papel de filtro. Quando apareceu uma aureola azul clara em torno da mancha o teste chegou ao final. Através do método azul de metileno determinou-se a superfície específica dos argilo-minerais estimando a quantidade de finos no solo.

A quantificação da matéria orgânica é de importância fundamental para o análise de erosão. Ela influencia muito nas propriedades tais como a absorção e a retenção de água e plasticidade. Um dos métodos de determinação da quantidade de matéria orgânica existente no solo é através do método de calcinação “*Loss of Ignition*”, este método consiste em secar 4 g de cada amostra previamente seca a 105°C posteriormente estas amostras são levadas a uma mufla que é aquecida por 5 h a 250°C. posteriormente a amostra é pesada e a diferença entre o peso inicial e final corresponde ao teor de matéria orgânica (www.unifenas.br/pesquisa/revistas/download/ArtigosRev1_99/pag21-26.pdf -).

4.6 – Sexta etapa

Na sexta etapa identificaram-se através da Carta de Munsell, as quatro amostras de solos de tonalidades e cores diferentes do talude do córrego Campo Alegre. Estas classificações de cores ajudaram na caracterização dos solos.

4.7 – Sétima etapa

Consistiu em verificar a mensuração das dimensões da bacia (área e comprimento). Conforme Christofolletti (1980) existem várias formas para definição do comprimento da bacia. Entre elas podemos mencionar: a distância do eixo vetorial, a equidistância da desembocadura, maior distância da desembocadura, maior largura da bacia e a distância entre o ponto mais alto e a desembocadura.

4.8 – Oitava etapa

A oitava etapa consistiu na redação do trabalho.

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS GERAIS

5.1 – Localização

A área de estudo possui de 5,52 km² e encontra-se delimitada pelas coordenadas geográficas de 18° 57' 21" e 18° 58' 35" latitude sul e 48° 13' 24" e 48° 15' 6" de longitude oeste, e pertence a malha urbana de Uberlândia, onde se localizam os bairros São Jorge e Laranjeiras que ocupam 2,7 km² da referida área. Ocupa toda a porção norte da bacia do córrego Campo Alegre, limitando-se ao sul pelo anel viário (Figura 15). O acesso pode ser feito pela BR 050 no sentido, saída para Uberaba, seguindo pelo anel viário de Uberlândia sentido oeste, ou pela malha urbana da cidade adentrando-se ao bairro São Jorge.

A bacia do córrego Campo Alegre localiza-se na porção sudeste da malha urbana do município de Uberlândia, Minas Gerais, possuindo coordenadas geográficas de 18° 57' 13" e 18° 59' 27" latitude sul e de 48° 13' 24" e 48° 15' 6" de longitude oeste (Figura 5.1).

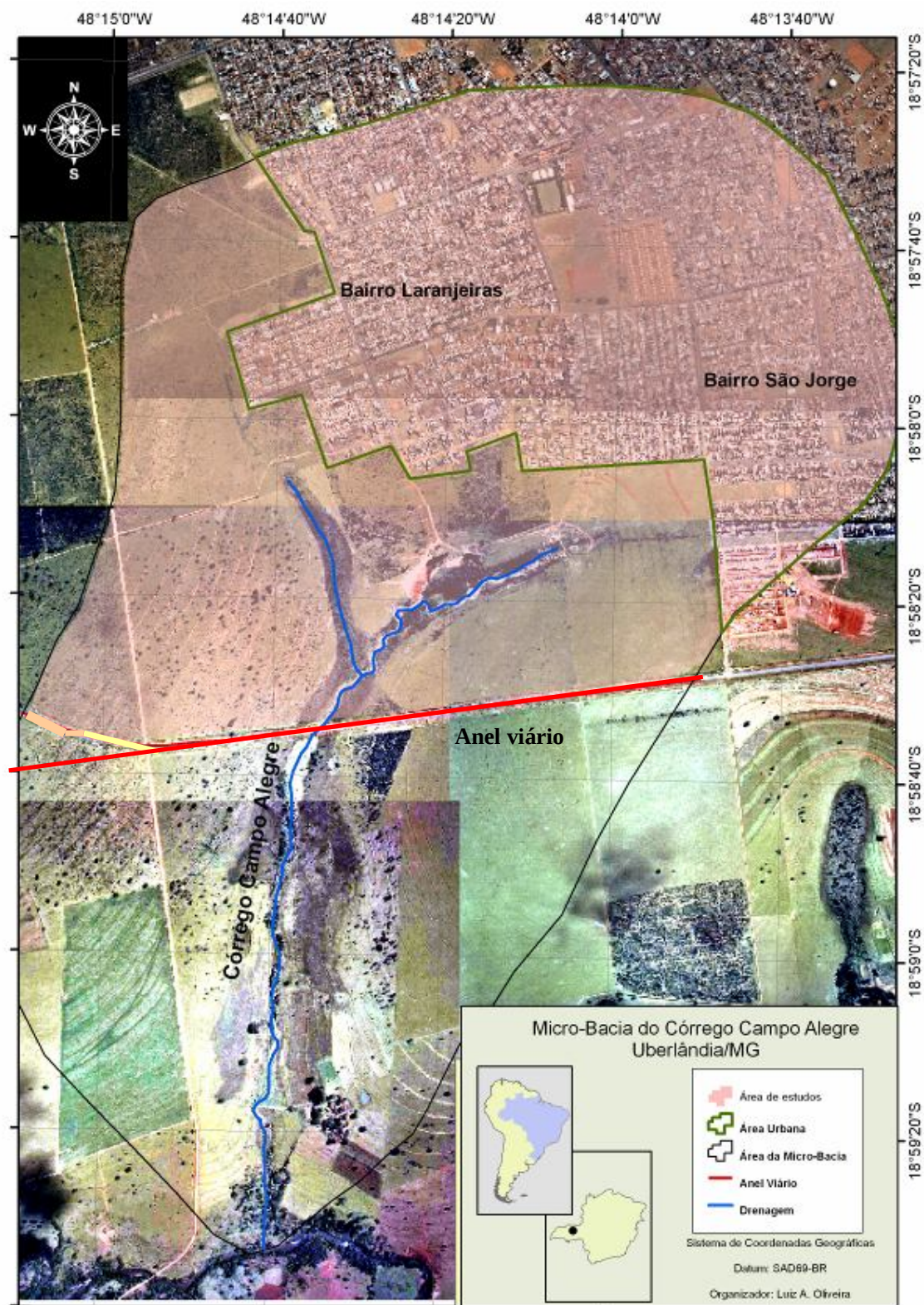


Figura 5.1 – Localização da bacia do córrego Campo Alegre.

5.2 – Geologia

De acordo com Nishiyama (1989) quase a totalidade da área do Triângulo Mineiro, está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná que é representado pelas unidades geológicas de idade Mesozóicas (245 milhões a 65 milhões de anos atrás): as formações Botucatu, Serra Geral, Adamantina, Uberaba e Marília.

A Formação Serra Geral de caráter vulcânico, caracteriza-se pelas idades Neojurássica (208 milhões a 144 milhões de anos atrás) e Eocretácia (144 milhões a 65 milhões de anos atrás). A sua distribuição horizontal é muito ampla no Triângulo Mineiro, contudo, apresenta-se recoberta em grande extensão pelas litogias sedimentares do Grupo Bauru que impedem seu afloramento mais extensivo. Esta unidade é representada pelas rochas efusivas de natureza básica e lentes de arenitos intercaladas aos derrames (Intertrapes). Esse conjunto de rochas distribui-se sobre uma área de mais de 800.000 km² na bacia sedimentar do Paraná somente em território brasileiro, estendendo-se também para os países vizinhos como a Argentina, Paraguai e Uruguai, elevando a área de ocorrência para cerca de 1.200.000 km² (LEINZ; AMARAL, 1995).

No perímetro urbano de Uberlândia o basalto aflora no vale do rio Uberabinha e afluentes. Os topos dos interflúvios acham-se recobertos por sedimentos do Grupo Bauru e/ou sedimentos cenozóicos cujas espessuras não ultrapassam 60 metros na área central da cidade (NISHIYAMA, 1989).

O Grupo Bauru é representado, na região do Triângulo Mineiro pelas Formações Adamantina, Uberaba e Marília. As litologias sedimentares desse grupo fecham a fase deposicional na Bacia Sedimentar do Paraná no Cretáceo Superior (144 milhões a 65 milhões de anos atrás), com deposição de sedimentos da Formação Marília (Maestrichtiano). No entanto, as rochas desse grupo encontram-se recobertas, em grande parte, pelos sedimentos cenozóicos.

A Formação Adamantina é representada, no município de Uberlândia, pelos arenitos de granulação média e grossa, coloração marrom, marrom avermelhada, teor de matriz silico-argilosa variável nos bancos. Frequentemente apresentam feições maciças, mas localmente exibem estruturas semelhantes à perfuração de vermes (NISHIYAMA, 1989).

A Formação Marília é constituída por arenitos conglomeráticos, com grãos angulosos, teor variável de matriz, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis. Esses sedimentos ocorrem em bancos com espessura média de 1 a 2 metros, maciços ou com acamamento incipiente, subparalelo e descontínuo; raramente apresentam estratificação cruzada de médio porte com seixos concentrados nos extratos cruzados e igualmente raros são as camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários. A feição morfológica característica desta região é o relevo de topo plano e de bordas abruptas graças à cimentação mais intensa da rocha. O arenito apresenta coloração rósea e os conglomerados, cinza-esbranquiçado a creme. (SOARES et alli., 1980 apud NISHIYAMA, 1989).

Nishiyama (1989) afirma que os sedimentos Cenozóicos apresentam-se revestidos por um filme de óxido de ferro e recobrem quase toda a extensão do município de Uberlândia, capeando as rochas mais antigas, ocupando todos os níveis topográficos desde as áreas de chapadas até as vertentes dos vales fluviais, geralmente as camadas de cascalho constituem diversos níveis de espessuras de granulometria variáveis. A cimentação incipiente dos sedimentos cenozóicos tem levado a problemas de erosão acelerada de solos nas áreas de sua ocorrência, principalmente onde existe a predominância de termos arenosos.

5.3 – Geomorfologia

Por meio de análise comparativa, em que se levou em conta o relevo, a declividade, a geologia e os processos erosivos atuais, a área do município de Uberlândia, Baccaro (1989) classifica o relevo de Uberlândia em três categorias: área de relevo dissecado, área de relevo intensamente dissecado e área de relevo com topo plano.

Baccaro afirma que a bacia do Córrego Campo Alegre desenvolve-se sobre uma superfície de relevo de topo plano. Essa unidade de relevo compreende todas as porções de topos planos e amplos vales muitos espaçados entre si, com pouca ramificação de drenagem, vertentes com baixas declividades (entre 2% e 5%) sustentadas pelos arenitos da Formação Marília e recobertos pelos sedimentos Cenozóicos. Próximo aos canais fluviais em ambas as margens, ocorre uma massa significativa de solo hidromórfico (organossolo e gleissolo). Os processos geomorfológicos de escoamento pluvial laminar e difuso são os mais importantes na remoção dos detritos e na evolução das vertentes fluviais.

5.4 – Pedologia

Segundo Brito e Rosa (2003) após compilarem os mapas dos limites das classes de solos do mapa de média intensidade de solos do Triângulo Mineiro, escala 1/500.000 (EMBRAPA/EPAMIG) e do mapa de solos da área de contribuição da usina hidroelétrica de Nova Ponte, escala 1/500.000 (CEMIG, 1987), estabeleceram 11 unidades de mapeamento de classes de solos para a região, agrupada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Dentre estas unidades está à classe do solo encontrado área de estudo: LVAw (Latossolo Vermelho-Amarelo Àcrico + Latossolo Vermelho-Àcrico, ambos textura argilosa) Figura 5.2.

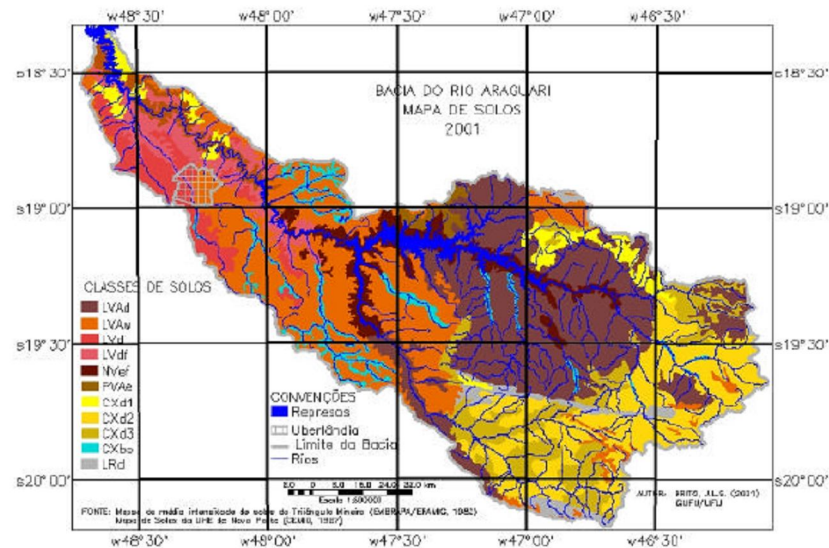


FIGURA 5.2 – Classes de solos da Bacia do Rio Araguari.

Escala: 1:500.000.

Fonte: Brito; Rosa 2003.

5.5 – Clima

Mendes (2001) assim entende as características climáticas do Triângulo Mineiro:

“Que a região do Triângulo Mineiro, a qual está inserida a área de estudo, mesmo fazendo parte politicamente do Estado de Minas Gerais, dada à posição geográfica e as formas do relevo, possui características climáticas que se assemelham mais a região Centro-Oeste, do que ao restante do estado mineiro”.

“Minas Gerais tem como influência principal os fenômenos meteorológicos das latitudes médias e tropicais que fazem com que o clima atuante no Estado seja caracterizado

como de transição, ou seja, duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (NIMER, 1997 apud MENDES, 2001) ”.

“Essa característica se deve a dinâmica de atuação dos sistemas atmosféricos, como por exemplo, a Frente Polar Atlântica (FPA), que praticamente todos os anos, juntamente com a Massa Polar (MP), alcançam o estado de Minas Gerais, causando diminuição da temperatura do ar durante o verão”.

“Durante o inverno, devido ao gradiente de temperatura do ar entre o Equador e o Pólo Sul serem muito intenso, as frentes apresentam um forte gradiente barométrico, que provoca regiões de movimento ascendente do ar, normalmente na frente norte do sistema frontal, que ocasiona precipitação tipicamente frontal”.

“Del Grossi (1991) apud Mendes (2001) afirma que a dinâmica atmosférica em Uberlândia está sob o controle, principalmente dos sistemas intertropicais, cuja participação no transcorrer do ano é superior a 50%, completada com atuação dos sistemas polares, cuja participação é pouco superior a 25%. A atuação desses sistemas de circulação ocasiona sobre Uberlândia a formação de um clima tropical alternadamente seco e úmido”.

“Em análises climatológicas feitas pelo 5º Distrito de Meteorologia, localizado no Parque do Sabiá em Uberlândia, existem registros que os meses mais frios na cidade são junho e julho com temperatura média inferior a 18° C. Já as temperaturas médias mais quentes dificilmente ultrapassam os 24° C (DEL GROSSI, 1991 apud MENDES, 2001) ”.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6.1 – Declividade e Altimetria

As declividades da bacia do córrego Campo Alegre representadas pela medida de inclinação em percentual do relevo em relação ao plano do horizonte, estão apresentadas na Figura 6.1. A velocidade de deslocamento de material e a capacidade de transporte de massas sólidas e líquidas estão diretamente relacionadas à declividade. Esta variável influencia nos processos geomorfológicos, quanto maior for à declividade maior será a energia concentrada no arraste de material. Na bacia do córrego em áreas onde a declividade é maior o processo erosivo é mais acentuado, ocorrendo movimentos de massa tipo escorregamentos e rastejos, causando o assoreando do leito do córrego devido a grande quantidade de material erodido.

As nascentes do Córrego Campo Alegre situam-se em cotas altimétricas próximas de 860 metros. Após um percurso aproximado de 3080 metros, deságua na margem direita do Rio Uberabinha, a uma altitude de 790 metros. A Figura 6.2 mostra a variação altimétrica da bacia do Córrego Campo Alegre, cujos valores variam de 930 metros a 790 metros. A sua área de drenagem é de aproximadamente 8,11 Km² e a área de estudo possui aproximadamente 5,52 Km². No caso da bacia do Córrego Campo Alegre para achar sua distancia vetorial utilizou-se a maior distância do ponto de desembocadura e a distância da desembocadura do ponto mais elevado, 930 metros que coincidentemente são os mesmos pontos, medindo 4.650 metros de comprimento.

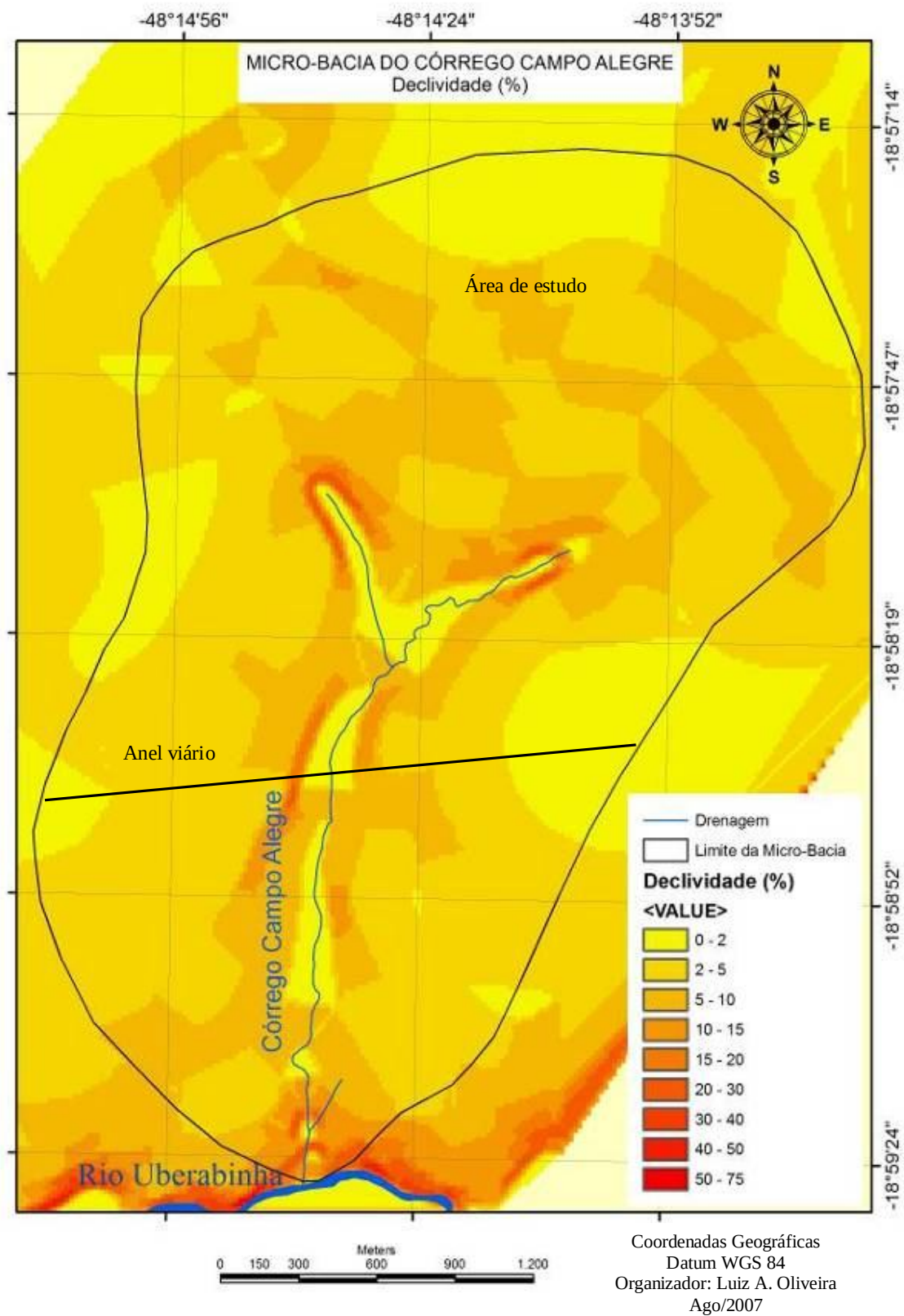


FIGURA 6.1 – Mapa de Declividade da bacia do Córrego Campo Alegre.

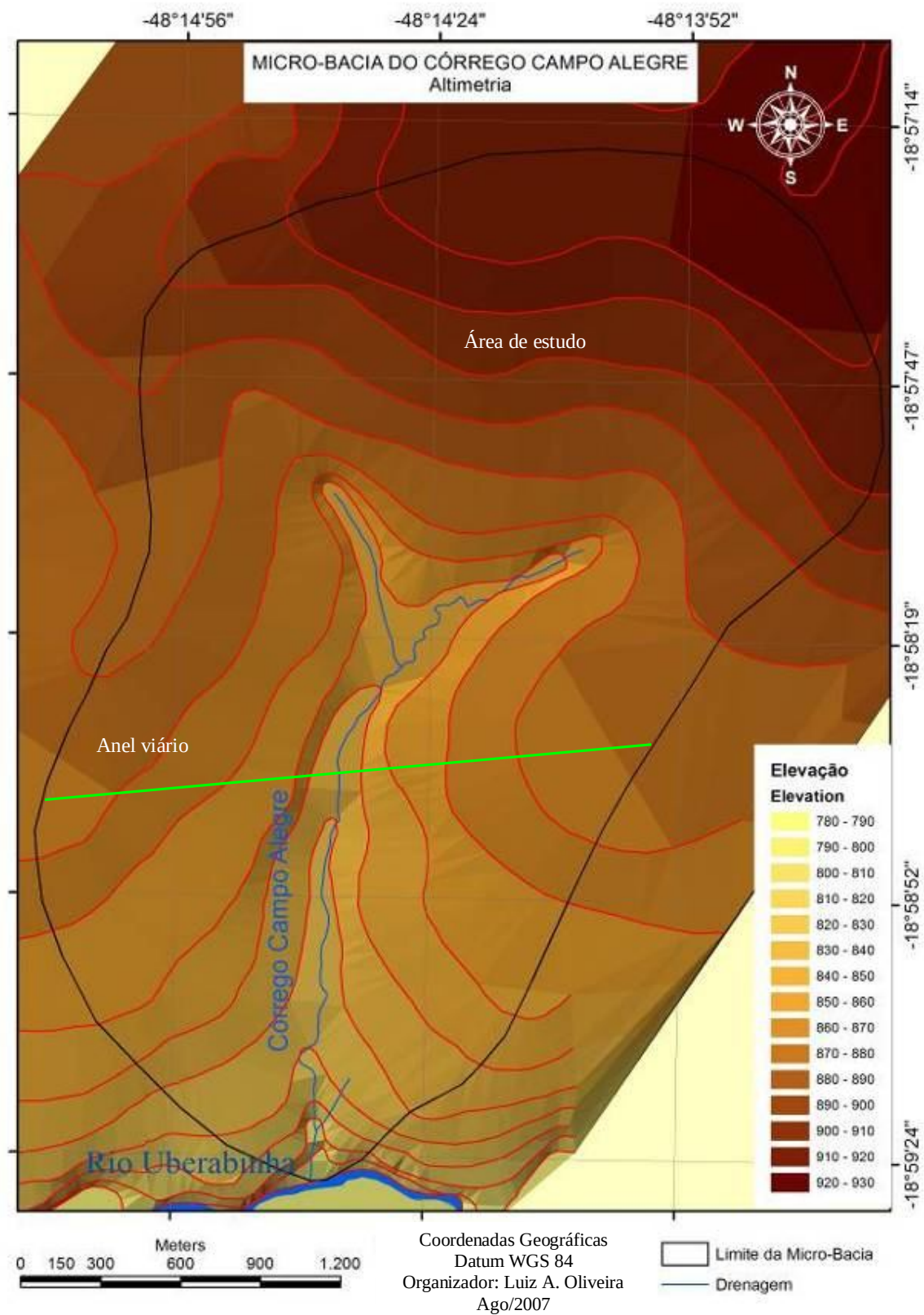


FIGURA 18 – Mapa de Altimetria da bacia do Córrego Campo Alegre.

6.2 – Solos

Nos diversos trabalhos de campo realizados constatou-se que em toda extensão do talude do córrego Campo Alegre existem cinco solos de cores diferentes (Figura 6.3) e de variadas espessuras (Tabela 6.1).



FIGURA 6.3 – Talude do córrego Campo Alegre.
Data: 13 de fevereiro de 2005.

Tabela 6.1 – Espessuras das camadas dos solos nos taludes da voçoroca.

COR	VARIAÇÃO DE ESPESSURAS
(1) Amarelo	1 a 2 metros
(2) Rosado	0,5 a 3 metros
(3) Cinzento Claro	1 a 3 metros
(4) Preto	0,5 a 3,5 metros
(5) Vermelho	0 a 1 metro

Porém um destes solos, o de coloração avermelhada (amostra 5), não é originário do local de estudo. Este pode ser visualizado sobre o solo de coloração preta, em boa parte da área da vereda. Trata-se de um material transportado pelas águas das chuvas, após ter sido despejado na cabeceira do córrego Campo Alegre na década de 1990, para contenção de uma voçoroca.

A amostra de solo número 1 (Figura 6.4) inicialmente identificada visualmente como solo amarelo, pela Carta de Munsell teve a seguinte identificação: HUE 2.5YR 8/6 YELLOW **“AMARELO”**.



FIGURA 6.4 – Amostra de solo (Amarelo).

A amostra de solo número 2 (Figura 6.5) inicialmente identificada visualmente como solo rosado, pela Carta de Munsell teve a seguinte identificação: HUE 7.5YR 7/4 PINK **“ROSADO”**.



FIGURA 6.5 – Amostra de solo (Rosado).

A amostra de solo número 3 (Figura 6.6) inicialmente identificada visualmente como solo cinza, pela Carta de Munsell teve a seguinte identificação: HUE 10YR 7/2 LIGHT GRAY **“CINZENTO CLARO”**.



FIGURA 6.6 – Amostra de solo (Cinzeno claro).

A amostra de solo número 4 (Figura 6.7) inicialmente identificada visualmente como solo preto, pela Carta de Munsell teve a seguinte identificação: HUE 7.5YR 2/0 BLACK **“PRETO”**.



FIGURA 6.7 – Amostra de solo (Preto).

6.3 – Vegetação na bacia do córrego Campo Alegre

As Figuras 6.8 e 6.9 ilustram que a vegetação originalmente encontrada na porção norte da bacia do córrego Campo Alegre é o cerrado entrecortado por veredas. Segundo Ribeiro; Walter (1998) a vereda:

*“é uma fitofisionomia caracterizada pela presença da palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (Buriti) emergente, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas, circundadas por Campo Limpo, associado a solos hidromórficos, hidricamente saturados durante a maior parte do ano. Os Buritis caracterizam por alturas médias de 12 a 15 metros. Nas veredas são encontrados solos hidromórficos, hidricamente saturados durante a maior parte do ano”.*



FIGURA 6.8 – Palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (Buriti). Córrego Campo Alegre.
Data: 13 de fevereiro de 2005.



FIGURA 6.9 – Palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (Buriti). Córrego Campo Alegre.
Data: 12 de julho de 2007.

Segundo Shiki (1997) os cerrados são entrecortados por uma miríade de formações ecológicas (mata de galeria, covaais e veredas), que são capazes de absorver e armazenar os excedentes de águas precipitadas no período chuvoso e de alimentar as redes hídricas compostas de riachos, córregos e ribeirões, que abastecem vários dos grandes rios brasileiros, sendo verdadeiros sistemas reguladores do regime hídrico dos Cerrados. Como na bacia do córrego Campo Alegre não existem mais matas de galeria, e sua vereda encontra-se demasiadamente degradada, a regulação do regime hídrico está parcialmente comprometida.

A Mata de Galeria é a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água, que fornece abrigo e alimentos para fauna silvestre, geralmente localiza-se nos fundos de vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram um canal definitivo (Ratter et al. 1973, Ribeiro et al. 1983, apud Ribeiro; Walter 1998). As Figuras 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13 representam a atual situação da Mata de Galeria

do córrego Campo Alegre, na maior parte a vegetação original foi substituída por pastagem e o processo erosivo se encarrega de arrastar a mata remanescente.



FIGURA 6.10 – Pastagem ao longo do córrego.
Data: 13 de fevereiro de 2005.



FIGURA 6.11 – Área de antiga cobertura arbórea.
Data: 13 de fevereiro de 2005.



FIGURA 6.12 – Erosão nas margens do córrego.
Data: 13 de fevereiro de 2005.



FIGURA 6.13 – Área de antiga cobertura arbórea.
Data: 22 de julho de 2007.

A existência de áreas com a cobertura natural é fundamental para manutenção da biodiversidade. Nos últimos 30 anos a área da bacia vem sofrendo contínuos desmatamentos para edificações residenciais, comerciais, reflorestamento. E próximo ao leito do córrego sua mata de galeria deu lugar a pastagem. A destruição é alarmante pouco se restou da mata original. De acordo com a Figura 6.14 é possível observar que a parte de coloração verde representa a vegetação nativa que existia próxima à área do córrego, que em abril de 1979 era de 744.517 m². Após algumas décadas, verificou-se em 2004 que houve uma redução considerável desta vegetação para 121.206 m², representada pela área de coloração lilás na figura mencionada, restando apenas 16,28% da área registrada em 1979.

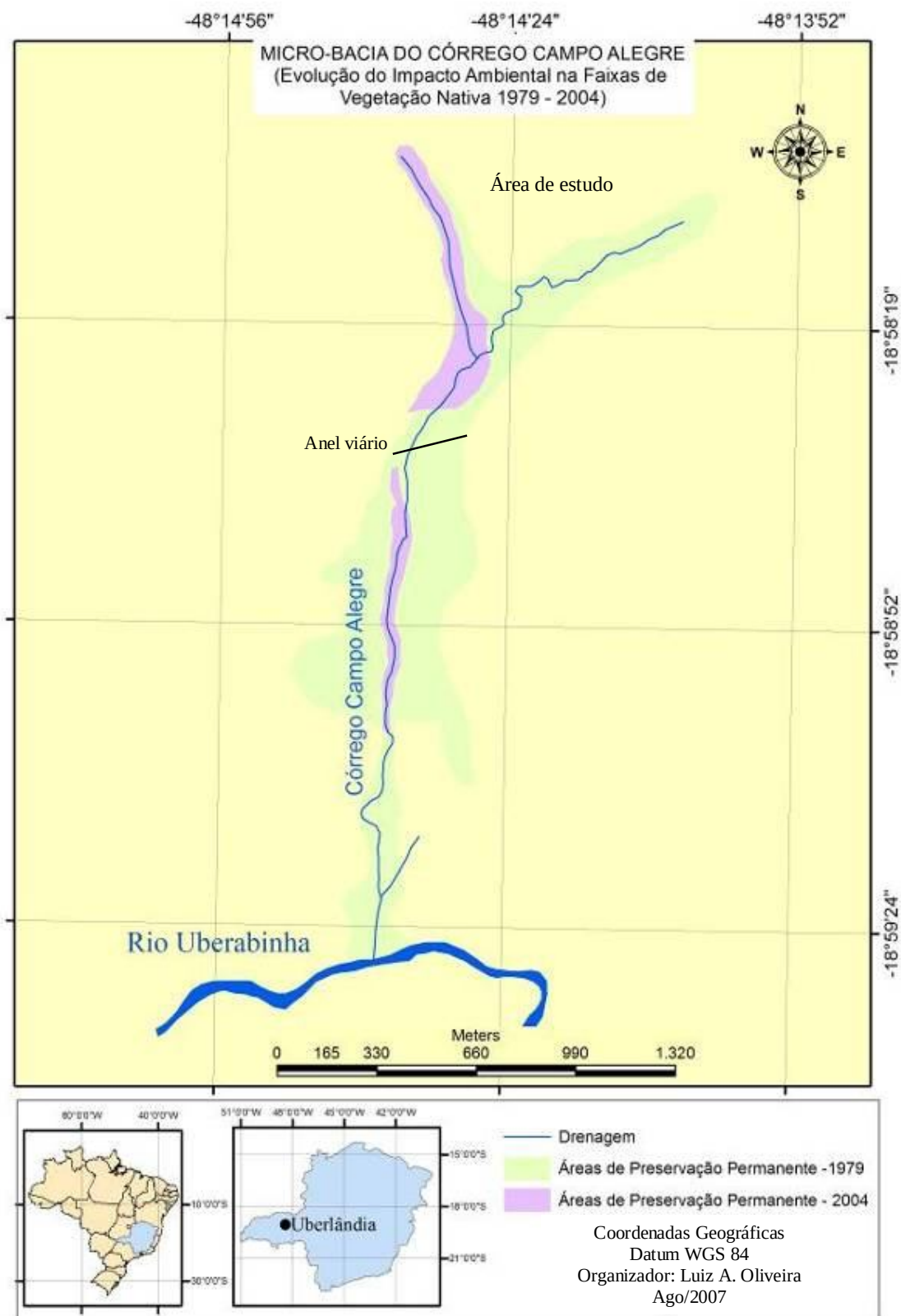


FIGURA 6.14 – Vegetação nativa 1979 – 2004.

6.4 – Pluviosidade em Uberlândia

A Tabela 6.2 apresenta os índices totais pluviométricos na cidade de Uberlândia, no período de 26 anos, desde o ano de 1981 ao ano de 2006, confirmando as duas estações bem definidas no bioma Cerrado, uma chuvosa e outra de seca. A chuvosa perdurando de outubro a março e a estação seca, de abril a setembro, sendo que o período de maior intensidade de chuvas ocorre nos meses de dezembro e janeiro.

Tabela 6.2 – Totais pluviométricos (1981-2006) na cidade de Uberlândia.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	256,2	99,1	169,0	41,1	17,0	59,9	0,0	0,1	0,9	155,7	273,0	431,6
1982	660,4	124,3	321,6	105,7	73,6	40,0	19,0	42,6	23,7	188,1	218,8	402,3
1983	400,4	231,6	226,9	89,1	38,7	6,2	50,6	1,2	119,9	240,8	234,6	323
1984	191,3	82,2	233,1	93,6	43,6	0,0	0,0	45,9	36,0	76,4	189,6	286,3
1985	570,0	111,3	291,5	75,4	20,2	0,0	0,0	0,0	23,6	66,5	150,8	263,4
1986	215,3	176,4	164,8	99,8	27,6	0,0	1,6	50,0	42,0	125,0	107,6	545,0
1987	238,2	201,2	169,3	102,1	28,0	10,0	0,0	0,0	37,8	59,2	282,5	348,9
1988	174,8	285,2	256,4	150,1	43,0	5,4	0,0	0,0	42,3	124,2	116,6	316,5
1989	223,1	248,4	127,5	44,6	3,5	0,0	55,2	22,2	70,1	34,5	312,3	265,1
1990	110,9	150,1	97,6	25,3	68,7	0,0	43,3	37,8	51,5	103,3	168,4	155,7
1991	383,5	255,0	469,4	178,7	4,7	0,0	0,0	0,0	39,3	79,3	113,4	258,7
1992	398,8	383,7	112,8	119,5	46,2	0,0	0,0	4,8	80,9	148,7	363,5	310,6
1993	180,9	285,0	137,8	107,2	30,2	72,2	0,0	18,8	78,0	199,8	98,6	433,5
1994	385,3	142,6	340,6	26,6	35,9	9,4	9,4	0,0	7,4	135,0	177,3	351,9
1995	288,2	422,2	239,1	57,1	121,6	3,4	1,6	0,0	22,0	65,2	133,5	308,2
1996	279,8	137,6	176,6	39,8	56,1	8,4	6,8	6,9	103,2	69,5	263,8	295,2
1997	297,4	131,0	390,4	127,4	36,3	105,1	0,0	0,0	32,9	79,0	302,4	312,3
1998	144,7	162,7	97,4	61,3	57,2	21,2	0,0	85,4	4,4	189,9	178,5	311,0
1999	382,5	185,1	166,3	45,8	10,6	8,8	0,2	0,0	59,9	60,3	247,1	217,4
2000	345,4	280,6	446,3	54,3	0,0	0,0	10,7	9,4	164,3	16,7	161,1	350,5
2001	256,6	112,3	198,6	15,7	67,8	1,3	0	27,5	73,3	99,5	164,1	319,1
2002	325,9	319	105,9	53	19,4	0	1,3	0,1	57,5	45,1	216,4	347,3
2003	556,1	97	310,2	97,8	62,1	0	1,2	2,7	38,4	67,1	234,2	168,8
2004	290,7	265,9	165,6	161,6	9,8	14,1	23,9	0	2,9	136,5	138,7	345,4
2005	434,2	63,8	273,6	22,1	47,1	44,1	0	16,9	33,7	55,2	244,6	239
2006	208,3	189,5	258,1	96,5	6,4	1,5	0	15,5	104,1	276	119,4	460,4

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

Durante esta pesquisa, agosto de 2005 a dezembro de 2006 a precipitação total de Uberlândia foi de 2325,1 mm. Os meses mais chuvosos foram novembro e dezembro de 2005 e janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro de 2006 totalizando 1719,3 mm representando 73,94% de todo período. Em média a precipitação mensal foi de 136,77 mm. Sendo os maiores totais pluviométricos em março de 2006 de 258,1 mm e dezembro de

2006 de 460,4 mm. Os meses menos chuvosos foram junho de 2006 quando se registrou 1,5 mm e o mês de julho de 2006 que não choveu (Figuras 6.15 e 6.16).

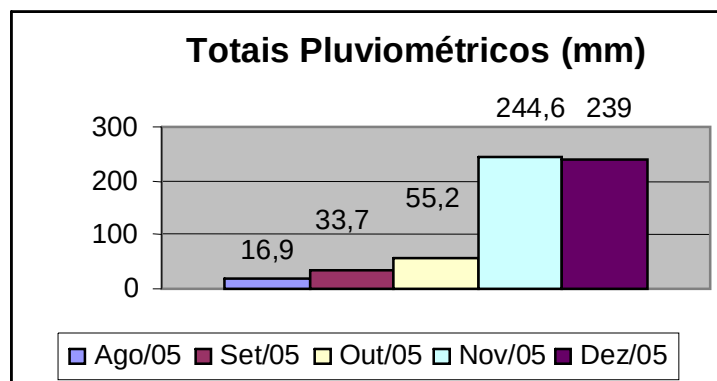


FIGURA 6.15 – Totais pluviométricos em Uberlândia, agosto de 2005 a dezembro de 2005.

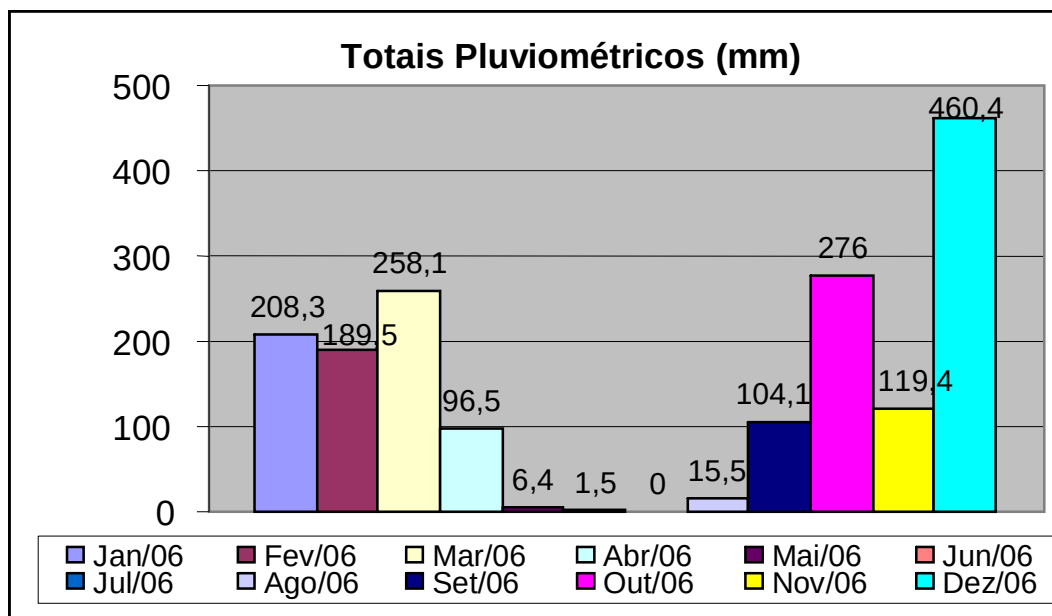


FIGURA 6.16 – Totais pluviométricos em Uberlândia, janeiro de 2006 a dezembro de 2006.

6.5 – Vazão do córrego Campo Alegre

Na Figura 6.17 observa-se a variação da vazão do Córrego Campo Alegre. Devido aos índices totais pluviométricos pode-se dizer que nos meses de agosto, setembro e outubro observaram-se os menores valores de vazão do córrego. Após consulta ao Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, constatou-se que o total de precipitação ocorrida no mês de agosto foi de 16,9 mm, em setembro de 33,7 mm e no mês de outubro de 55,2 mm. Porém a leitura no mês de agosto foi feita no dia 14 registrando Zero mm de chuva; no mês de setembro realizou-se leitura no dia 07 e registrou 0,8 mm, já no mês de outubro a leitura ocorreu no dia 10, entretanto neste dia não houve precipitação. Durante os meses de novembro e dezembro o município apresentou valores pluviométricos um pouco maiores; em novembro choveu 244,6 mm e dezembro 239 mm, porém as medições da vazão do córrego foram feitas nos dias 11 de novembro com o índice pluviométrico de 10,4 mm e no dia 15 de dezembro com 10,4 mm.

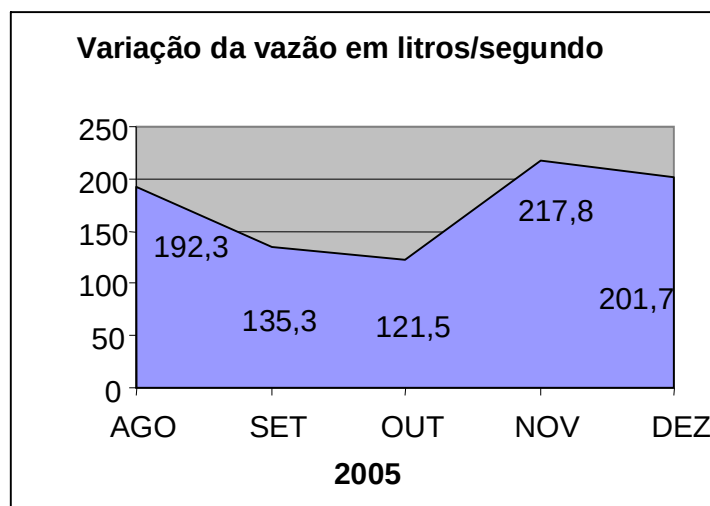


FIGURA 6.17 – Variação da vazão do córrego, agosto a dezembro de 2005.

No ano de 2006 pode-se dizer que a vazão do Córrego Campo Alegre oscilou na casa dos 200 litros por segundo durante os meses de maio a outubro. A exceção para menos aconteceu durante os meses de junho e julho que registraram vazões inferiores de 153,2 e 116,2 litros por segundo respectivamente. Entretanto nos meses de janeiro (839,1 litros/segundo), março (919,5 litros/segundo) e dezembro (862,3 litros/segundo) obtiveram-se os maiores valores de vazão durante todo o ano (Figura 6.18).

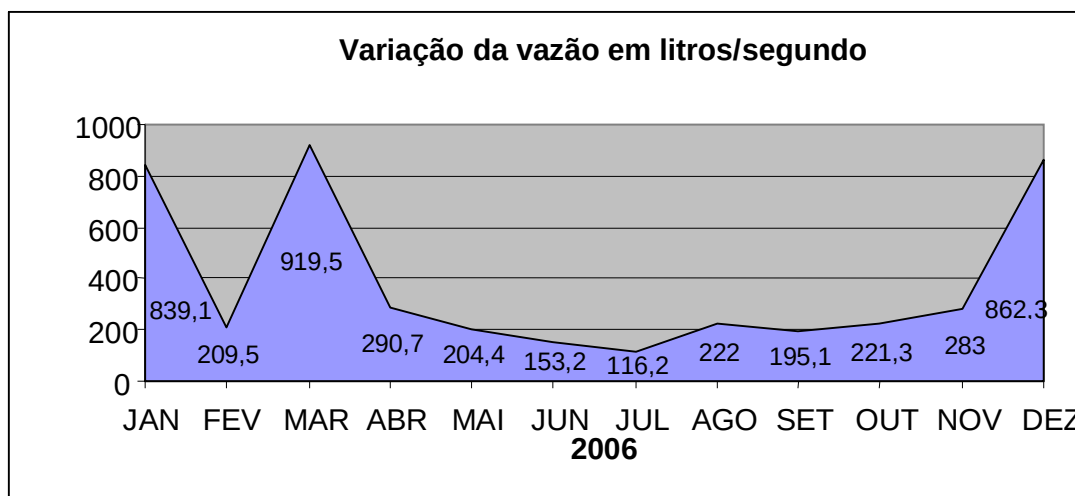


FIGURA 6.18 – Variação da vazão do córrego, janeiro a dezembro de 2006.

6.6 – Ação antrópica na bacia do córrego Campo Alegre

De acordo com a Prefeitura Municipal de Uberlândia a cidade possui 64 bairros delimitados, dentre eles os bairros São Jorge e Laranjeiras. Localizados na região sudeste da malha urbana de Uberlândia em plena área da micro-bacia do córrego Campo Alegre, caracterizam-se como uma das áreas que mais se expandiu nos últimos vinte anos. São bairros horizontais, distantes da área central, com a presença de casas sempre em obras, processo de autoconstrução, presentes nos lotes urbanizados e pelos conjuntos habitacionais com moradias tipo embrião, semi-acabadas e de tamanho cujas moradias iniciais mediam 23m² e 29m², habitados por uma população de baixa renda. Estes bairros começaram a serem estruturados a partir de 1988, com a pavimentação somente das principais vias de acesso e implantação de pequenos comércios, áreas de lazer, postos de saúde, creches, escolas. As casas foram financiadas pela Caixa Econômica Federal e os lotes urbanizados pelo Fundo Municipal de Habitação.

Até 1995 os bairros São Jorge I, São Jorge II, São Jorge III, São Jorge IV, Viviane, Seringueira, Regina, São Gabriel, Aurora, Laranjeiras e Paineiras, totalizavam 5.067 residências com uma população aproximada de 30.000 habitantes (Tabela 6.3). A partir daquele ano, a prefeitura municipal reorganizou todo o espaço urbano de Uberlândia limitando todos estes bairros citados, somente a dois: Bairro São Jorge através da Lei municipal nº. 6.286 de 20 de abril de 1995 (Tabelas 6.4 e 6.5) e Bairro Laranjeiras lei municipal 6.322 de 5 de junho de 1995 (Tabelas 6.4 e 6.7).

Tabela 6.3 – Setor sudeste de Uberlândia: número de moradias e lotes urbanizados 1995.

BAIRROS	UNIDADES	
	MORADIAS	LOTES URBANIZADOS
São Jorge I	-	1350
São Jorge II	108	-
São Jorge III	265	-
São Jorge IV	456	-
Viviane	154	-
Seringueira e Regina	450	-
São Gabriel	975	-
Aurora	1500	-
Laranjeiras	426	-
Paineiras	403	-
TOTAL	5.067	1350

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. 2005.

Tabela 6.4 – Bairros que originaram o Bairro São Jorge.

LOTEAMENTO	DATA DA APROVAÇÃO
Parque São Jorge I (parte)	27/01/1983
Parque São Jorge III	27/01/1983
Conjunto Residencial Viviane	27/01/1983
Remanescente do Quinhão Dois	08/08/1988
Parque São Jorge III (prolongamento)	04/10/1990
Parque das Seringueiras	28/07/1991
Parque São Gabriel	18/11/1991
Primavera Parque (parte)	31/01/1996
Jardim das Hortênsias	11/10/1996
Parque São Jorge V	04/02/1999
Residencial Campo Alegre (parte)	23/09/2003

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. 2005.

Tabela 6.5 – Domicílios e população estimada do Bairro São Jorge.

ANO	DOMICÍLIOS	POPULAÇÃO
2000	5645	21364
2001	5832	22071
2002	6025	22801
2003	6224	23557
2004	6420	24299
2005	6591	24948
2006	6762	25594

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. 2006.

Tabela 6.6 – Bairros que originaram o bairro Laranjeiras.

LOTEAMENTO	DATA DA APROVAÇÃO
Parque São Jorge I (parte)	27/01/1983
Parque São Jorge II	27/01/1983
Parque São Jorge IV	21/09/1989
Parque das Paineiras	04/02/1991
Parque das Laranjeiras	05/02/1991
Jardim Aurora (setor A)	17/10/1991
Jardim Aurora (setor B)	17/10/1991
Primavera Parque (parte)	31/01/1996

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. 2006.

Tabela 6.7 – Domicílios e população estimada do Bairro Laranjeiras.

ANO	DOMICÍLIOS	POPULAÇÃO
2000	3954	14546
2001	4085	15027
2002	4220	15524
2003	4360	16039
2004	4497	16554
2005	4617	16986
2006	4736	17424

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. 2006.

Em 23 de setembro de 2003 foi entregue à população de Uberlândia mais um conjunto habitacional, o Residencial Campo Alegre, totalmente dentro da micro-bacia do córrego Campo Alegre, a montante das nascentes. O residencial possui edificações simples para uma população de baixa renda e infra-estrutura deficiente como ruas que não possuem pavimentação e problemas de drenagem pluvial (Figuras 6.19 e 6.20).



FIGURA 6.19 – Residencial Campo Alegre.
Data: 13 de fevereiro de 2005.



FIGURA 6.20 – Residencial Campo Alegre.
Data: 22 de julho de 2007.

As Figuras 6.21, 6.22, 6.23 e 6.24 representam fotografias aéreas obtidas em diferentes épocas (1964, 1979, 1997 e 2004), nas quais se pode observar um pouco da evolução da urbanização ocorrida na cabeceira do Córrego Campo Alegre e a conseqüente aceleração de seus processos erosivos.

Na Figura 6.21 a fotografia aérea de 1964, evidencia que a área do cerrado ainda era pouco utilizada próximo à cabeceira do córrego. É possível observar na bacia do córrego Campo Alegre, vegetação de Campos Sujos e várias interferências antrópicas, como por exemplo, abertura de trilhas no cerrado, próximo as nascentes. Vislumbra-se ainda que a área da Vereda e a Mata de Galeria encontram-se parcialmente intactas ao redor do córrego. Outra visualização que merece destaque é a presença de terras cultiváveis no norte da nascente esquerda.

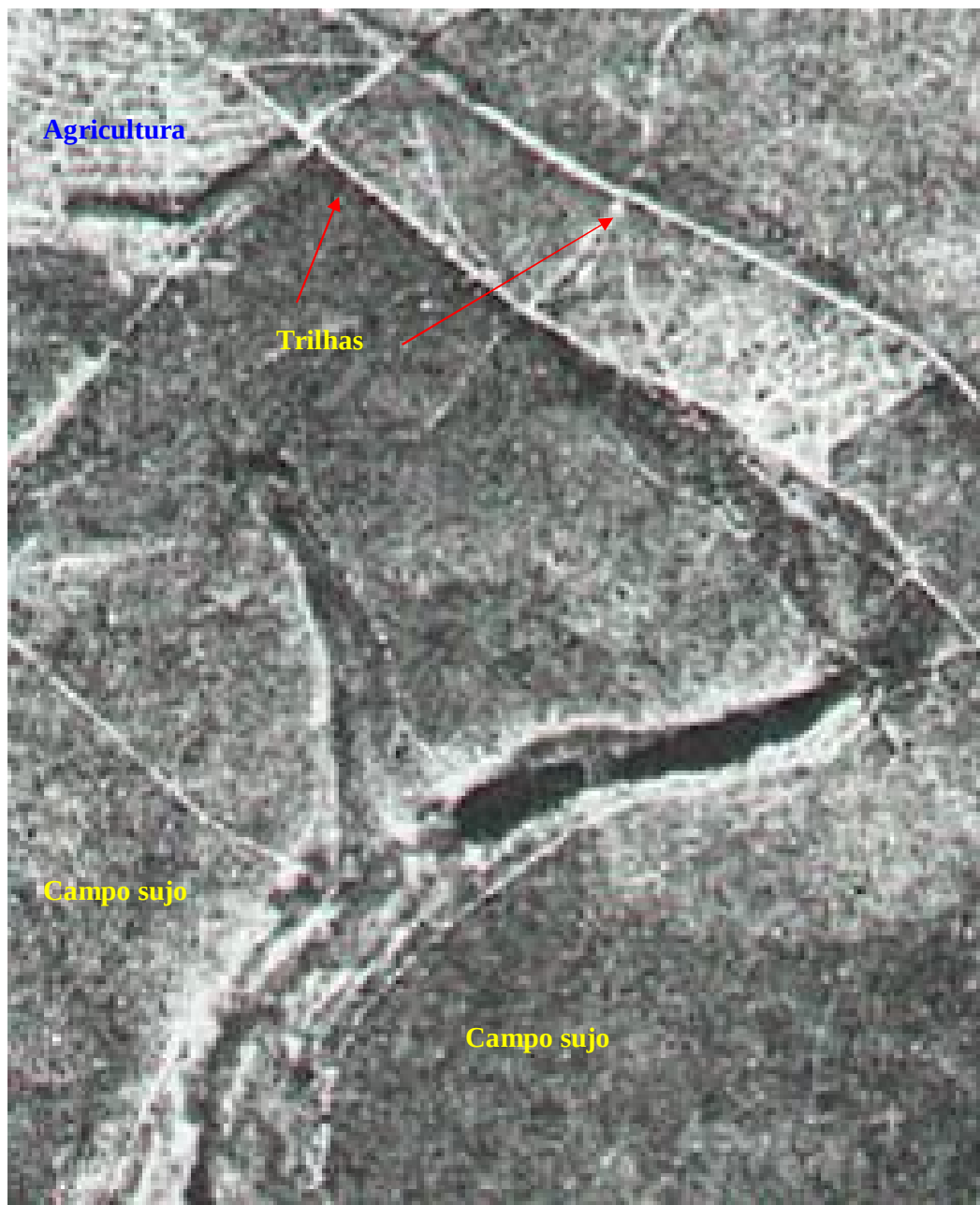


FIGURA 6.21 – Córrego Campo Alegre. Ano de 1964.

Fonte: USAF.

Escala: 1: 8000.

Na Figura 6.22 a fotografia aérea de 1979 evidencia uma área de vereda começando a sofrer redução e o aparecimento de alguns pontos de erosão próximo à cabeceira do córrego, devido à abertura de curvas de nível e o preparo da terra para a agricultura e pecuária, aliado a declividade do terreno de 10 a 15% como indicado na fotografia aérea. Mostra ainda a existência de reflorestamento a redor de suas nascentes. A urbanização

ainda não atingiu a área da bacia. Pode-se dizer que até este momento o córrego encontra-se em bom estado de preservação, pois permanece com seu leito protegido pela Mata de Galeria, a vereda ainda não sofreu danos catastróficos e não há transportes excessivos de sedimentos córrego abaixo.



FIGURA 6.22 – Córrego Campo Alegre. Abril de 1979.

Fonte: IBC – GERCA.

Escala: 1: 8000

Na Figura 6.23 observa-se a ocupação humana considerável na cabeceira do córrego Campo Alegre em 1997, as ruas ainda não possuem pavimentação, existem poucas

moradias e em alguns quarteirões não existem habitações. São os bairros São Jorge e Laranjeiras representando a expansão urbana de Uberlândia. Alguns pontos de erosão são percebidos na área do córrego. Onde existia Mata de Galeria começa a aparecer solo exposto, ou seja, extenso assoreamento do curso d'água; é o momento em que se acentua a influência antrópica no processo erosivo do córrego Campo Alegre. Observa-se também que onde existia área de reflorestamento em 1979, transformou-se em 1997, em vegetação regenerativa de cerrado.

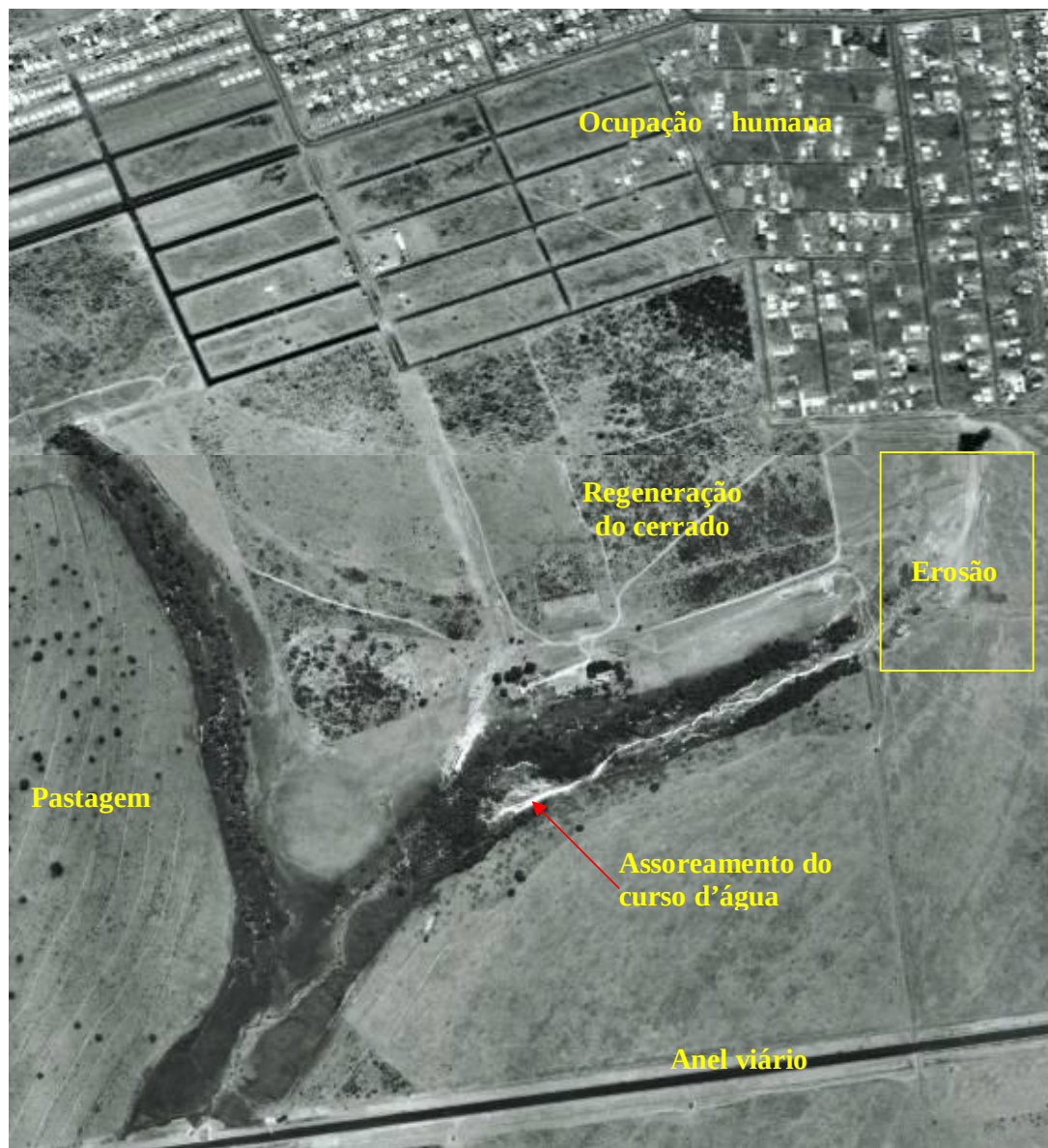


FIGURA 6.23 – Córrego Campo Alegre. Outubro 1997.
Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia. ENGEFOTO
Escala: 1:8000

Na Figura 6.24 observa-se a situação em que se encontra bacia do córrego Campo Alegre em março de 2004, sofrendo com a intervenção antrópica, através da ampliação da área urbanizada. A forma construtiva das ruas e avenidas contribuem fortemente para o escoamento das águas pluviais até a vereda, não existe nenhuma barreira física para amenização da força hidráulica, por isso a velocidade das águas contribuem para o arraste de partículas do solo, agravando a erosão acelerada da área de estudo. Na parte superior direita do córrego é possível visualizar a presença de sulcos e ravinas que estão bastante concentrados.

Na fotografia aérea de 2004 representada pela Figura 6.24 observa-se a situação em que se encontra bacia do córrego Campo Alegre, sofrendo com a intervenção humana, através da ampliação da área urbanizada em número de residências:

- Na parte superior direita do córrego é possível visualizar a presença de sulcos e ravinas que estão bastante concentrados, devido à declividade do terreno de 15 a 20%, associada ao direcionamento das ruas e avenidas dos bairros São Jorge e Laranjeiras que vão de encontro as nascentes do córrego.
- As águas superficiais (*runnoff*) que não são transportadas pelas galerias pluviais, geram um fluxo concentrado e aumentam o arraste de material arenoso na área de estudo.
- No leito do córrego observa-se assoreamento e erosão acelerada, consequência do modelo de urbanização (disposição das ruas e avenidas) e o deságüe das galerias pluviais em plena área de vereda.
- O Cerrado, vegetação original praticamente não existe mais, o que se vê são pastagens e pontos isolados de vegetação secundária do cerrado. Na parte sul das cabeceiras encontra-se o anel viário, outra forte interferência antrópica, que por sinal é a delimitação da área de estudo da presente dissertação. O anel viário é também o limite do perímetro urbano de Uberlândia.



FIGURA 6.24 – Córrego Campo Alegre. Março de 2004.
Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia. ESTEIO.
Escala: 1:8000.

6.7 – Ensaios físicos dos solos.

As propriedades físicas dos solos podem ser medidas com relativa facilidade em laboratório e pequenas variações de seus valores não modifica substancialmente o comportamento e equilíbrio dos solos. No estudo do comportamento dos solos preocupam-se com as propriedades físico-químicas, forças intergranulares, efeito dos fluidos intersticiais, para, a partir de tais fenômenos, explicar o comportamento dos solos. Os ensaios de campo e laboratório são necessários para fornecer as reais propriedades dos solos BUENO; VILAR (1984).

6.7.1 – Umidade Higroscópica.

Umidade higroscópica é o teor de umidade de um solo após secagem por exposição ao ar. Nos ensaios realizados para obtenção da umidade higroscópica do solo amarelo, do solo rosado e do solo cinzento claro obtiveram-se valores aproximados uns dos outros. Quanto ao solo de cor preta seu resultado foi muito acima se comparado aos outros três, pois o solo de coloração preta é hidromórfico e na ausência de água seu volume reduziu consideravelmente. Enquanto a umidade higroscópica dos três primeiros solos era aproximadamente 0,5% a do solo preto foi de quase 30% (Tabela 6.8).

Tabela 6.8 – Umidade Higroscópica dos solos.

Umidade Higroscópica	%
Solo Amarelo	0,53
Solo Rosado	0,59
Solo Cinzento Claro	0,37
Solo Preto	29,37

6.7.2 – Peneiramento Grosso

Nos ensaios de peneiramento grosso todas as amostras de solos passaram praticamente 100% nas peneiras de # 9,5 mm; 4,8 mm e 2 mm.

6.7.3 – Massa Específica dos Grãos

É a relação entre a quantidade de matéria (massa) (M) e o volume (V) dos grãos. A massa específica encontrada em cada uma das amostras representa o valor médio das massas específicas de cada tipo de grãos de minerais que constituem a fase sólida do solo. A Tabela 6.9 apresenta os valores de massa específica dos sólidos de minerais mais comuns.

Tabela 6.9 – Massa Específica dos sólidos de diferentes minerais.

MINERAL	MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS (g/m ³)
Feldspato	2,59 – 2,90
Mica	2,70 – 3,20
Caulinita	2,60 – 2,65
Montmorilonita	2,50 – 2,80
Ilmenita	4,50 – 5,00
Quartzo	2,65
Goetita	4,40
Magnetita	5,17
Hematita	5,2

Disponível em: <http://www.etg.ufmg.br/~cassia/notas1.htm>. Acesso em: 02 dez. 2007.

A Tabela 6.10 mostra os valores de massa específica dos solos da área de estudo. Com exceção da amostra de solo preto que foi de 2,4 g / cm³, provavelmente por conter matéria orgânica em todas as outras três amostras de solo, os valores da massa específica dos grãos variaram em torno de 2,7 g / cm³.

Tabela 6.10 – Massa específica dos grãos.

MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS	g / cm ³
Solo Amarelo	2,714
Solo Rosado	2,681
Solo Cinzento Claro	2,686
Solo Preto	2,432

A massa específica da amostra do Solo Amarelo de 2,714 g / cm³ encontra-se dentro dos valores dos solos que contém Feldspato, Caulinita, Montmorilonita, que são argilominerais. O valor da massa específica do Solo Rosado de 2,681 g / cm³ localiza-se dentro dos valores dos solos que apresentam Feldspato, Montmorilonita, que também são considerados argilominerais. O Solo Cinzento Claro apresentou uma massa específica de 2,686 g / cm³ encontra-se dentro dos valores dos solos que apresentam Feldspato, Montmorilonita, que também são considerados argilominerais. Os argilominerais são considerados como os principais fatores que influenciam na susceptibilidade a sofrer processos erosivos. Por exemplo, as argilas do tipo Montmorilonitas aumentam consideravelmente a plasticidade, já as Ilitas, possui maior resistência à erosão que as Caulinitas, sendo o valor das Caulinitas 2,65 g / cm³, valor este bem próximo do resultado obtido das quatro amostras de solo que com certeza influenciaram de certa forma no potencial erosivo do solo em estudo.

6.7.4 – Peneiramento Fino

As Tabelas 6.11, 6.12, 6.13 e 6.14 representam a quantidade de material que passaram nas respectivas peneiras: 16, 30, 40, 60, 100 e 200, utilizadas para a realização do peneiramento fino.

Tabela 6.11 – Peneiramento fino Solo Amarelo.

Nº da peneira	Diâmetro (mm)	Peso do solo seco		% que passa parcial	% que passa
		Retido	Passado		
		acumulado			
16	1,2	0,870	118,485	99,3	99,2
30	0,6	6,790	112,565	94,3	94,3
40	0,42	15,970	103,385	86,6	86,6
60	0,25	34,170	85,185	71,4	71,3
100	0,15	56,140	63,215	52,9	52,9
200	0,075	72,090	47,265	39,6	39,6

Tabela 6.12 – Peneiramento fino Solo Rosado.

Nº da peneira	Diâmetro (mm)	Peso do solo seco		% que passa parcial	% que passa
		Retido	Passado		
		acumulado			
16	1,2	1,06	118,236	99,1	99
30	0,6	6,19	113,106	94,8	94,7
40	0,42	13,80	105,496	88,4	88,3
60	0,25	31,18	88,116	73,9	73,8
100	0,15	55,12	64,176	53,8	53,7
200	0,075	72,12	47,176	39,5	39,5

Tabela 6.13 – Peneiramento fino Solo Cinzento claro.

Nº da peneira	Diâmetro (mm)	Peso do solo seco		% que passa parcial	% que passa
		Retido	Passado		
		acumulado			
16	1,2	0,49	119,073	99,6	99,5
30	0,6	4,58	114,983	96,2	96,1
40	0,42	13,08	106,483	89,1	89
60	0,25	33,50	86,063	72	71,9
100	0,15	60,63	58,993	49,3	49,2
200	0,075	79,44	40,123	33,6	33,5

Tabela 6.14 – Peneiramento fino Solo Preto.

Nº da peneira	Diâmetro (mm)	Peso do solo seco		% que passa parcial	% que passa
		Retido	Passado		
		acumulado			
16	1,2	0,63	92,127	99,3	99,3
30	0,6	8,96	83,797	90,3	90,3
40	0,42	19,39	73,367	79,1	79,1
60	0,25	32,35	60,407	65,1	65,1
100	0,15	42,89	49,867	53,8	53,8
200	0,075	49,67	43,087	46,5	46,4

Após a experimentação concluiu-se que as quatro amostras ao passarem pela peneira nº 200 de abertura de # 0,075 mm apresentaram características granulares muito semelhantes, ou seja, o percentual que passou pela peneira foi bem próximo para os quatro solos, confirmando que todos os solos analisados são de granulometria grossa.

6.7.5 – Distribuição Granulométrica

A distribuição granulométrica do Solo Amarelo encontra-se representada pela curva semilogarítmica (Figura 6.25), demonstrando que de acordo com a escala, esse solo possui 26% de argila; 10,2% de silte; 48,8% de areia fina; 15% de areia média. Segundo a forma da curva a granulometria é bem graduada e contínua.

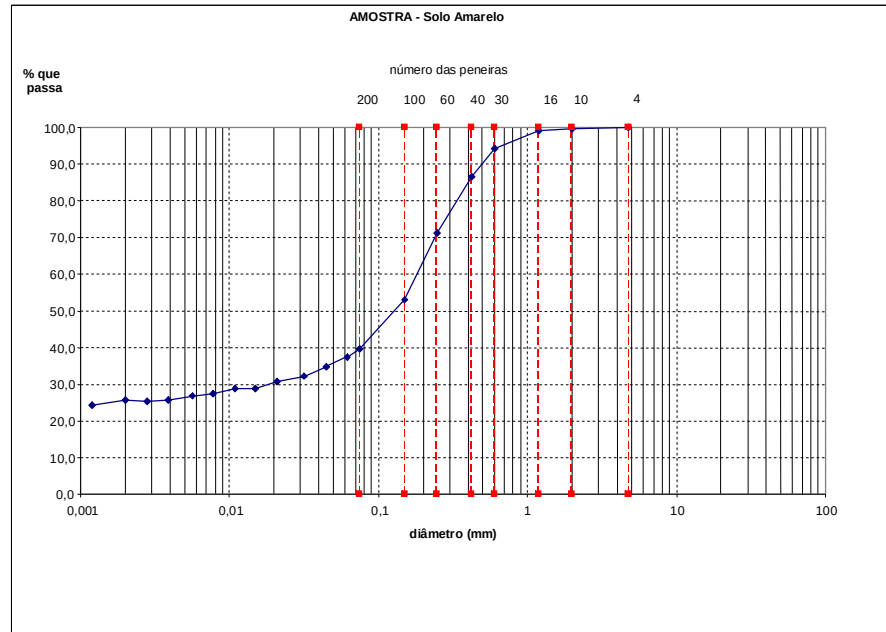


FIGURA 6.25 – Distribuição granulométrica do Solo Amarelo.

A Figura 6.26 representa uma amostra de Solo de cor Rosado com a seguinte constituição granulométrica: 30,1% de argila; 5,8% de silte; 50,6% de areia fina; 13,5% de areia média. Segundo a forma da curva, a granulometria é bem graduada e contínua.

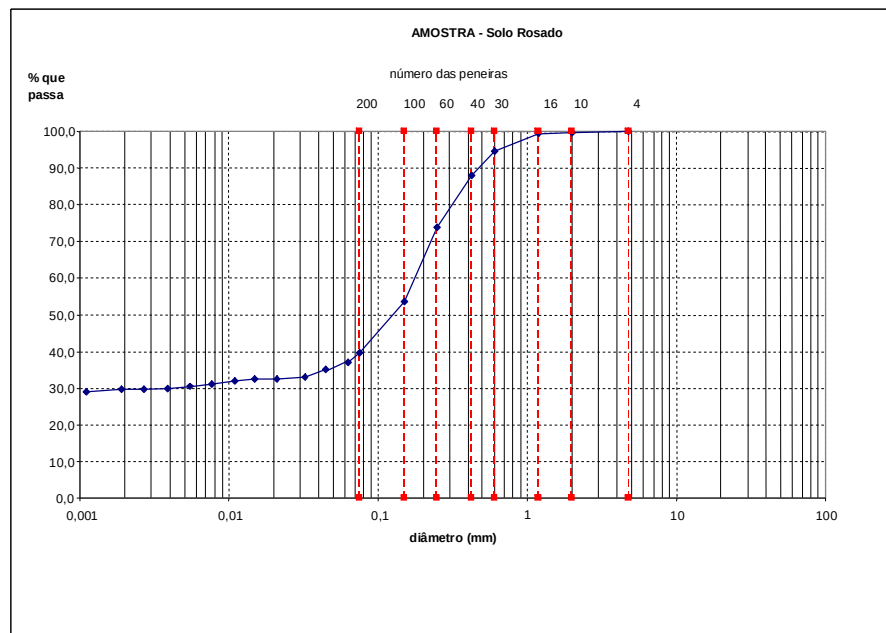


FIGURA 6.26 – Distribuição granulométrica do Solo Rosado.

O Solo Cinzento Claro apresenta 19,7% de argila; 13,4% de silte; 54,6% de areia fina; 12,3% de areia média, de acordo com a forma da curva granulométrica, bem graduada e contínua (Figura 6.27).

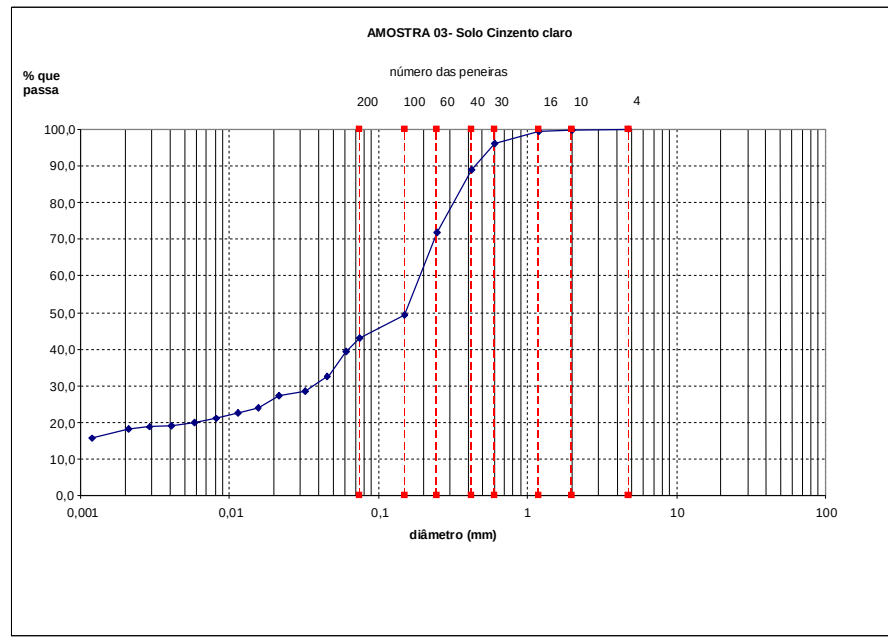


FIGURA 6.27 – Distribuição granulométrica do Solo Cinzento Claro.

A distribuição granulométrica da amostra de Solo Preto encontra-se representada no gráfico da Figura 6.28. Este solo possui 30,3% de argila; 10,2% de silte; 38,6% de areia fina; 20,9% de areia média e de acordo com a forma da curva, a granulometria é bem graduada e contínua.

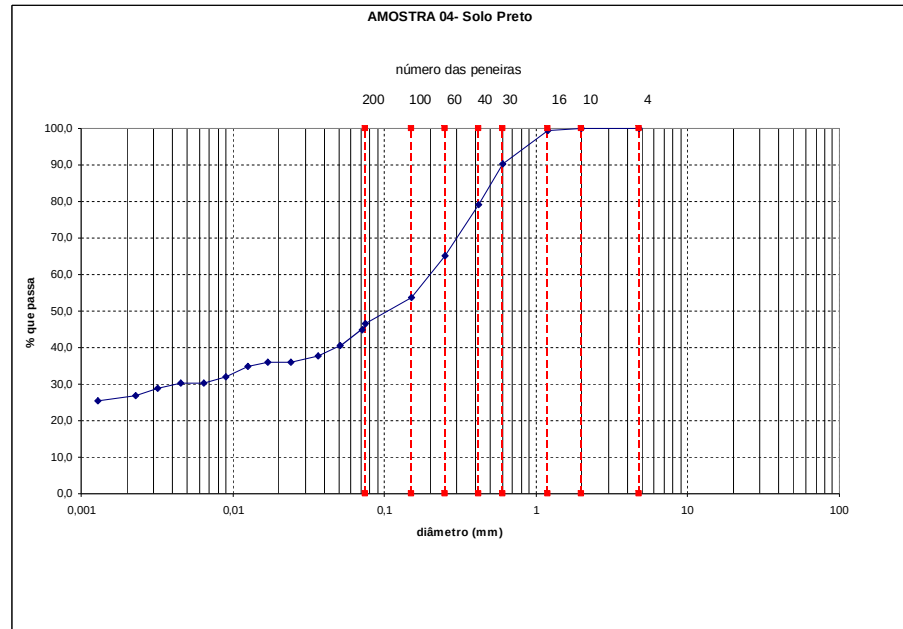


FIGURA 2.28 – Distribuição granulométrica do Solo Preto.

Constatou-se com o resultado das curvas granulométricas que todos os quatro tipos de solo apresentam granulometria arenosa fina, bem graduada, contínua e que são classificados como areno-argilosos SC segundo a classificação (SUCS). Conforme a classificação HRB pertencem ao grupo A3, que são areias finas não plásticas.

6.7.6 – Limites de consistência

A consistência inclui propriedades como resistência à compressão e ao esboroamento, friabilidade, plasticidade e pegajosidade. Está relacionada com a capacidade do solo de sofrer alterações e ser susceptível aos processos erosivos.

6.7.6.1 – Limite de Liquidez

É o teor de umidade de um solo argiloso correspondente ao estado de consistência limite entre os estados líquido e plástico. As Figuras 6.29, 6.30 e 6.31 mostram os limites de liquidez dos Solos Amarelo, Rosado e Cinzento claro.

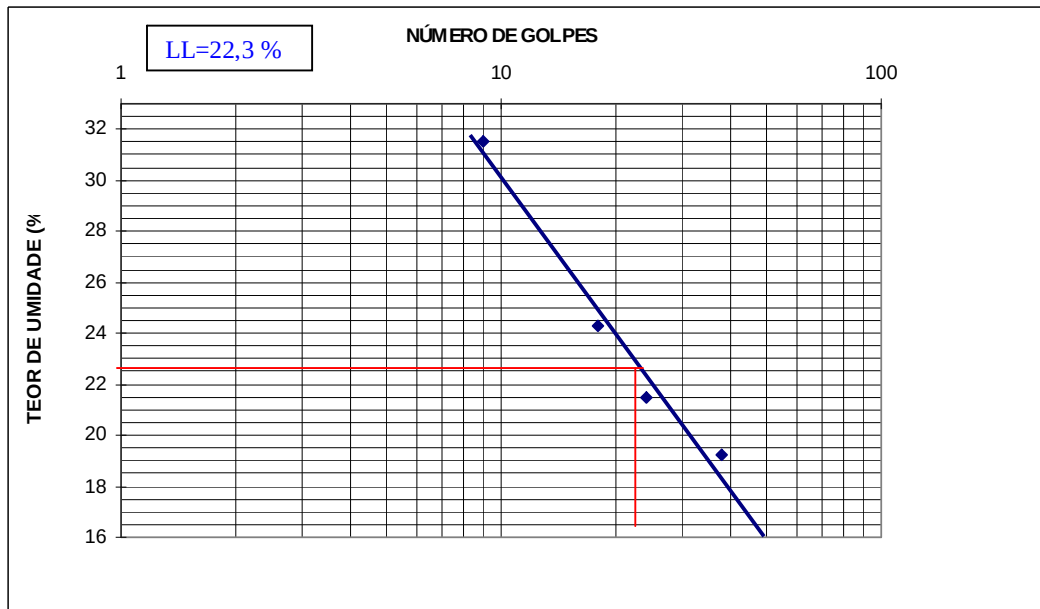


FIGURA 6.29 – Limite de liquidez Solo Amarelo.

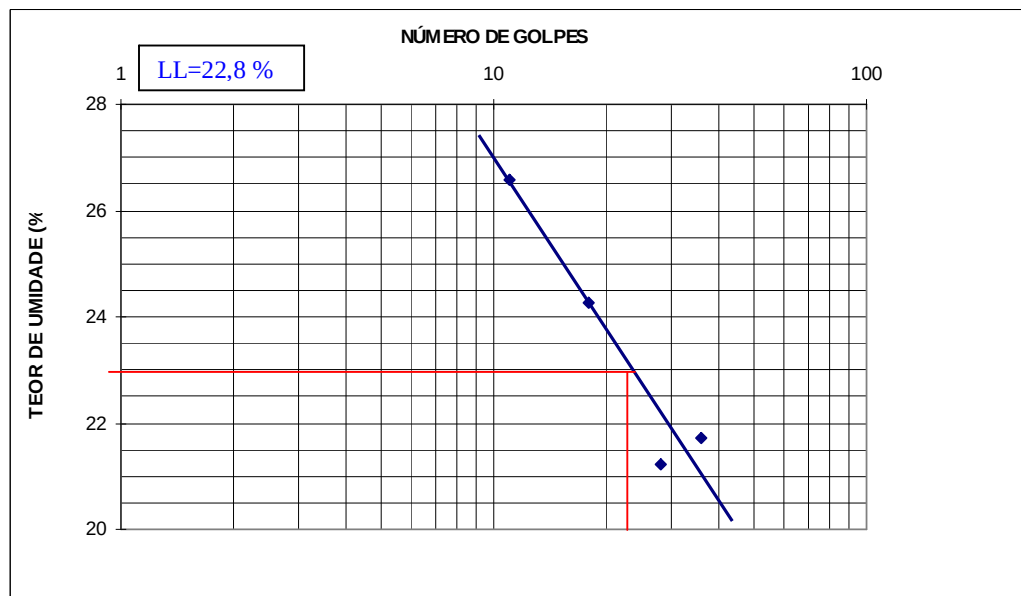


FIGURA 6.30 – Limite de liquidez Solo Rosado.

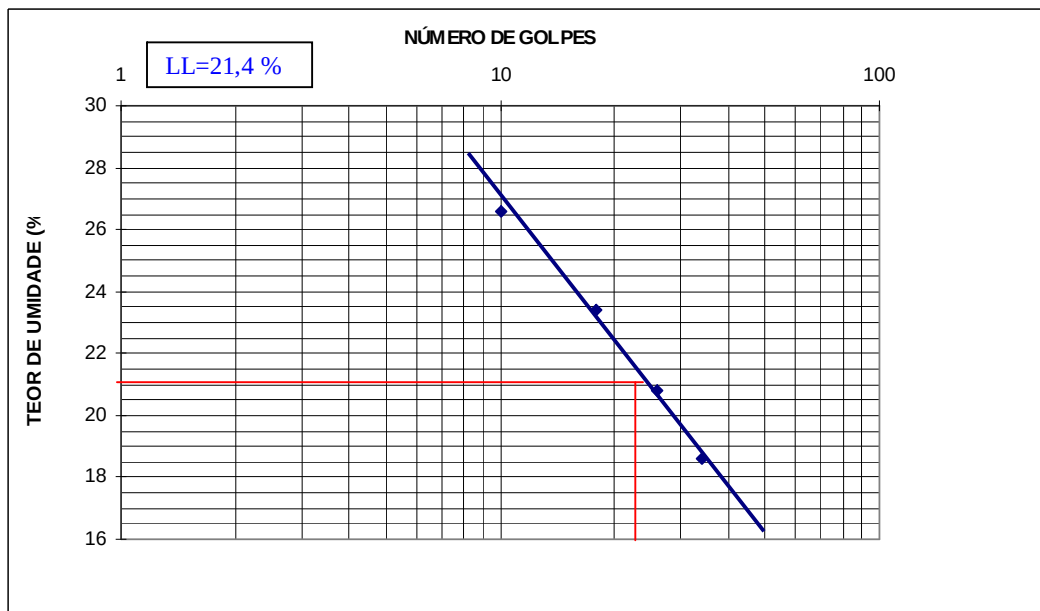


FIGURA 6.31 – Limite de liquidez Solo Cinzento Claro.

Durante os experimentos pode-se concluir que as características dos solos em relação ao limite de liquidez são muito parecidas. O solo amarelo apresentou 22,3 % de LP, o solo rosado 22,8 % de LP e o solo cinzento claro 21,4 % de LP. Entretanto, no solo de coloração preta não foi possível a realização do ensaio, já que tal fato pode ser justificado por se tratar de solo orgânico e com alta pegajosidade.

6.7.6.2 – Limite de Plasticidade

Limite de plasticidade é o teor de umidade na fronteira entre os estados plástico e semi-sólido. A Tabela 6.15 mostra os valores do limite de plasticidade dos solos analisados.

Tabela 6.15 – Limite de plasticidade dos solos.

Limite de plasticidade	W-médio (%)
Solo Amarelo	16,01
Solo Rosado	14,30
Solo Cinzento Claro	15,87
Solo Preto	-

Conforme o acontecido durante a tentativa de verificação do Limite de Liquidez, não se conseguiu alcançar também o Limite de Plasticidade.

6.7.6.3 – Índice de Plasticidade

O Índice de Plasticidade (IP) mede a plasticidade dos solos.

Solo Amarelo:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 22,3 - 16,01 = 6,29 \%$$

Solo Rosado:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 22,8 - 14,30 = 8,5 \%$$

Solo Cinzento claro:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 21,4 - 15,87 = 5,53 \%$$

Assim verificou-se que pelo IP - Índice de Plasticidade, que o solo mais expansivo é o de coloração rosado (8,5%), seguido pelo solo amarelo (6,29 %) e finalmente, o solo cinzento claro (5,53%). Sem o Limite de Plasticidade e o Limite de Liquidez do solo de coloração preta, não foi possível obter seu IP.

6.7.7 – Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação fornece os valores do peso específico aparente seco e a umidade ótima que segundo Pinto (2002) não são índices físicos do solo. Estes valores, na realidade, são resultantes da energia aplicada no referido ensaio. O autor afirma que o solo quando se encontra com umidade abaixo da ótima, a aplicação de maior energia de compactação provoca aumento de densidade seca, mas quando a umidade é maior do que a ótima a aplicação da energia na compactação não provoca aumento na densidade seca, pois não consegue expulsar o ar dos vazios do solo. Este fato nos permite entender como o pisoteio do gado influencia na diminuição do espaço poroso entre partículas, levando o solo a perder a sua capacidade de absorção, consequentemente nos períodos chuvosos, as águas

pluviais não infiltram no solo, aumentando o escoamento superficial, causando susceptibilidade a processos erosivos do tipo laminar.

Os ensaios têm como função aumentar a intimidade de contato entre os grãos e tornar o solo mais homogêneo, na tentativa de retardar futuras ações erosivas. Através do ensaio de compactação consegue-se determinar a relação entre o teor de umidade e massa específica seca do solo (Figuras 6.32, 6.33 e 6.34).

Os ensaios de compactação tinham como objetivo primário servir de dados estáticos para futuras obras de recuperação da área de estudo, com este experimento comprovou-se novamente que o solo amarelo, o rosado e o cinzento claro possuem caracterização extremamente semelhante quanto à umidade ótima e a massa específica seca.

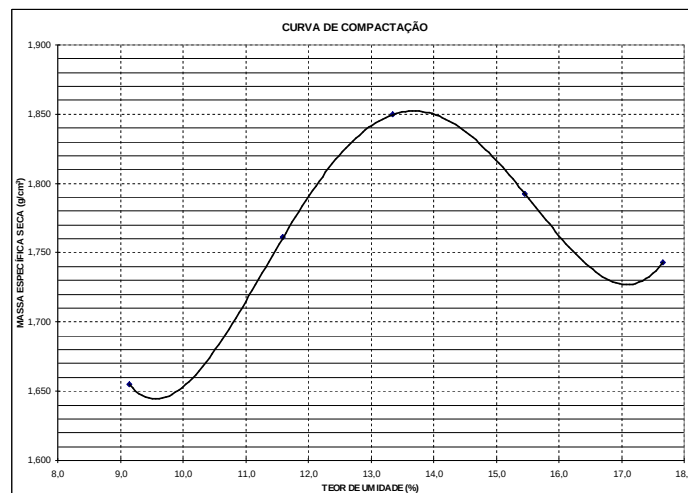


FIGURA 6.32 – Gráfico da curva de compactação Solo Amarelo.

UMIDADE ÓTIMA = 13,7%
MASSA ESPECÍFICA SECA MÁX. = 1,853 g/cm³

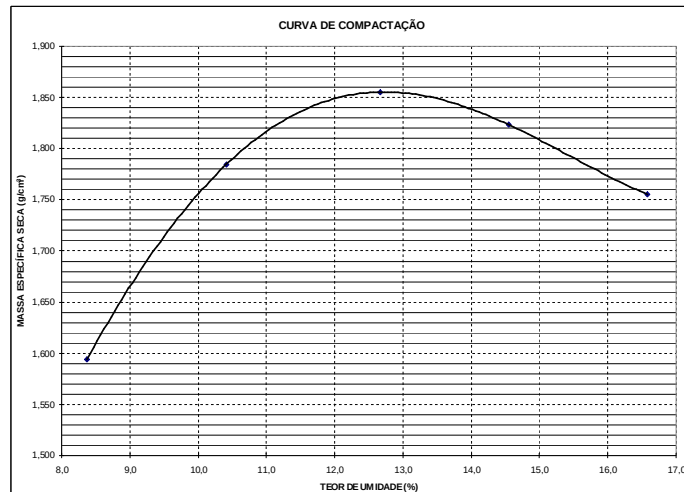


FIGURA 6.33 – Gráfico da curva de compactação Solo Rosado.

UMIDADE ÓTIMA = 12,7%
MASSA ESPECÍFICA SECA MÁX. = 1,855 g/cm³

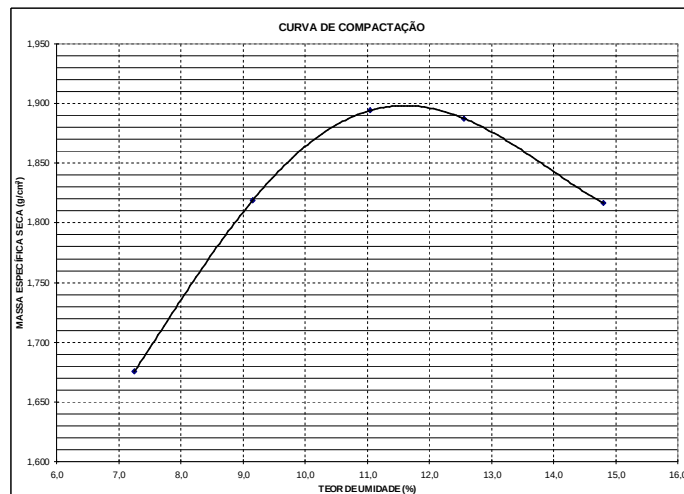


FIGURA 6.34 – Gráfico da curva de compactação Solo Cinzento Claro.

UMIDADE ÓTIMA = 11,6%
MASSA ESPECÍFICA SECA MÁX. = 1,898 g/cm³

Não foi possível a realização do ensaio de compactação do Solo Preto, após colocação da amostra de solo no equipamento para ensaio, o solo com característica aglutinante, impregnou nos acessórios que tornou impraticável o ensaio.

6.7.8 – Ensaio de Cisalhamento Direto

O ensaio de cisalhamento direto determina parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo. As tensões de cisalhamento promovem em voçorocas a remoção de suporte lateral, a sobrecarga, o colapso e a pressão lateral.

6.7.8.1 – Cisalhamento Direto Solo Amarelo

As Figuras 6.35 a 6.40 ilustram os valores encontrados da curva de cisalhamento direto e adensamento do Solo Amarelo.

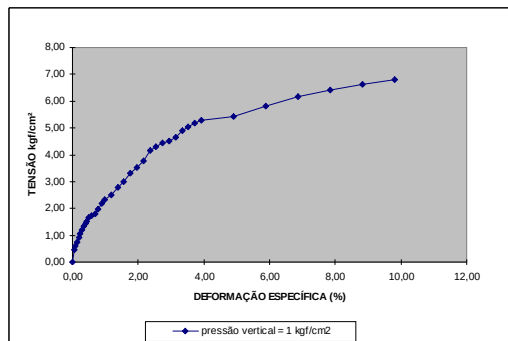


FIGURA 6.35 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm² Solo Amarelo.

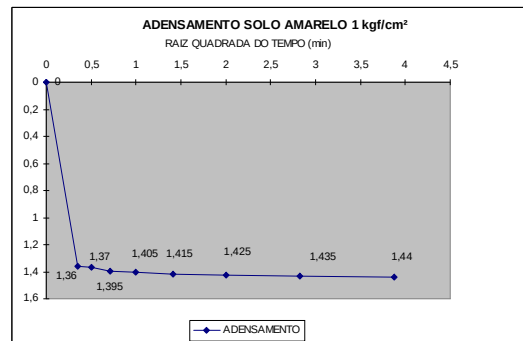


FIGURA 6.36 – Curva de adensamento Solo Amarelo 1 kgf/cm².

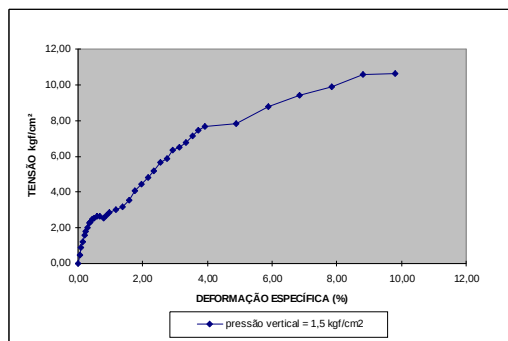


FIGURA 6.37 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm² Solo Amarelo.

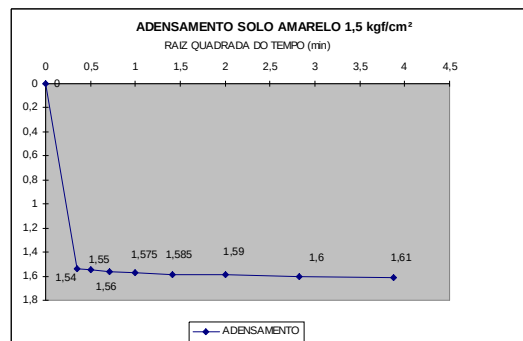


FIGURA 6.38 – Curva de adensamento Solo Amarelo 1,5 kgf/cm².

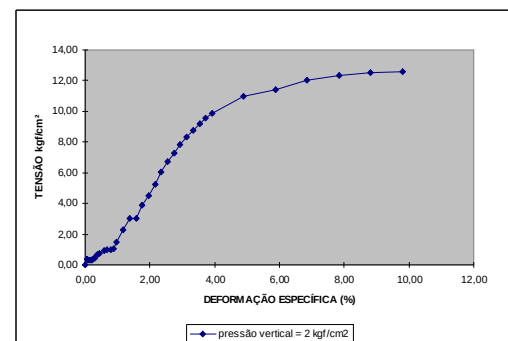


FIGURA 6.39 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm² Solo Amarelo.

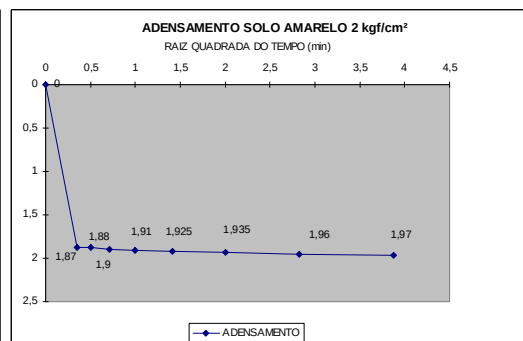


FIGURA 6.40 – Curva de adensamento Solo Amarelo 2 kgf/cm².

6.7.8.2 – Cisalhamento Direto Solo Rosado

As Figuras 6.41 a 6.46 ilustram os valores encontrados da curva de cisalhamento direto e adensamento do Solo Rosado.

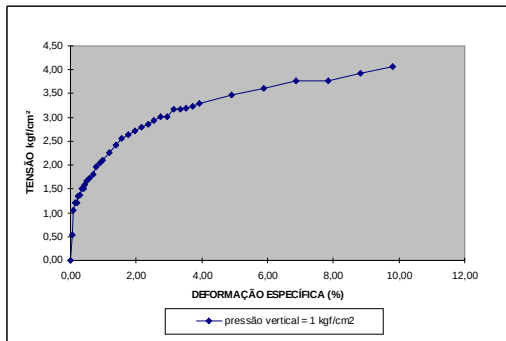


FIGURA 6.41 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm² Solo Rosado.

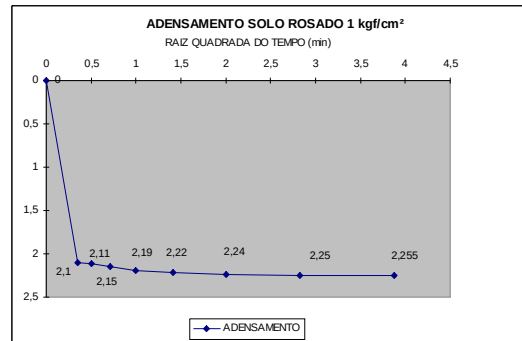


FIGURA 6.42 – Curva de adensamento Solo Rosado 1 kgf/cm².

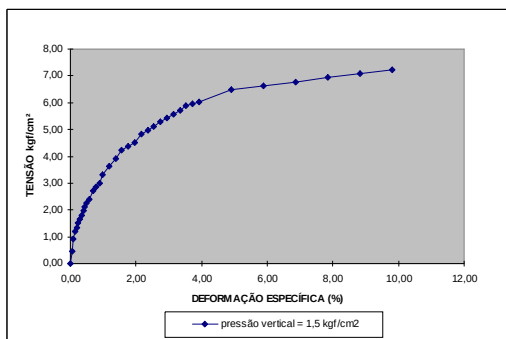


FIGURA 6.43 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm² Solo Rosado.

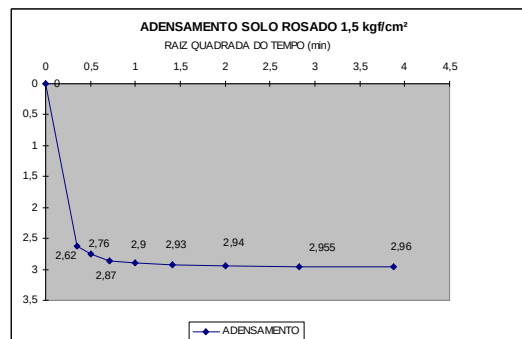


FIGURA 6.44 – Curva de adensamento Solo Rosado 1,5 kgf/cm².

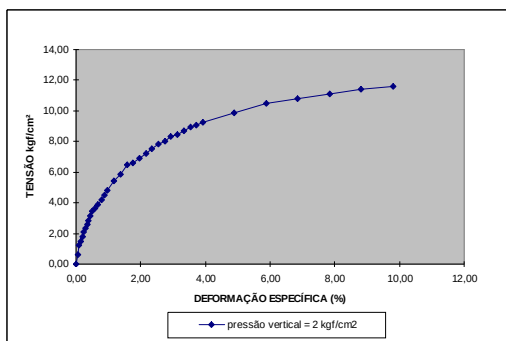


FIGURA 6.45 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm² Solo Rosado.

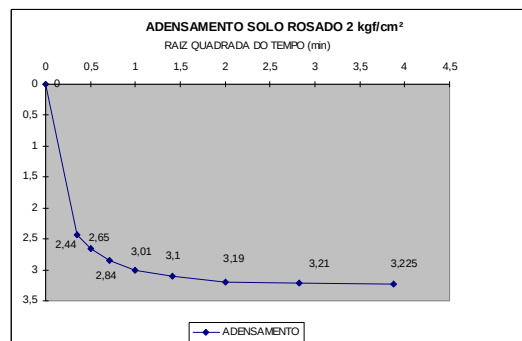


FIGURA 6.46 – Curva de adensamento Solo Rosado 2 kgf/cm².

6.7.8.3 – Cisalhamento Direto Solo Cinzento Claro

As Figuras 6.47 a 6.52 ilustram os valores encontrados da curva de cisalhamento direto e adensamento do Solo Cinzento Claro.

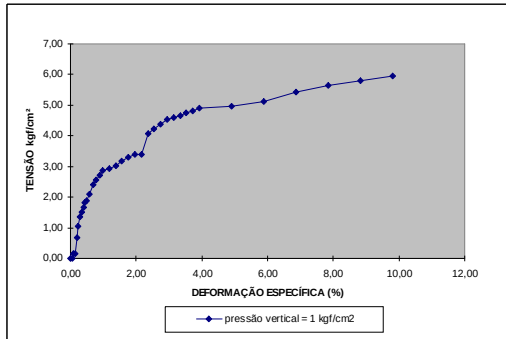


FIGURA 6.47 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm² Solo Cinzento Claro.

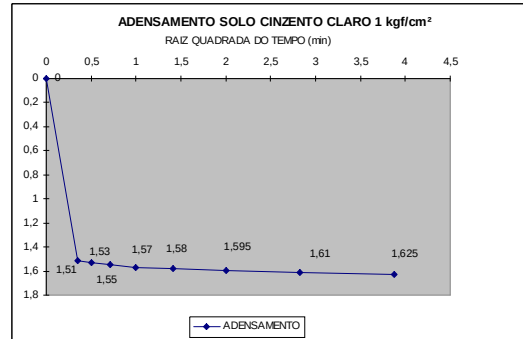


FIGURA 6.48 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 1 kgf/cm².

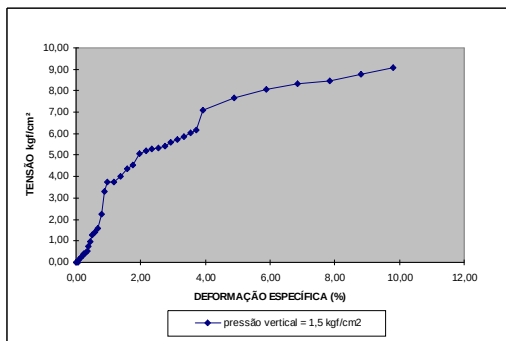


FIGURA 6.49 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm² Solo Cinzento Claro.

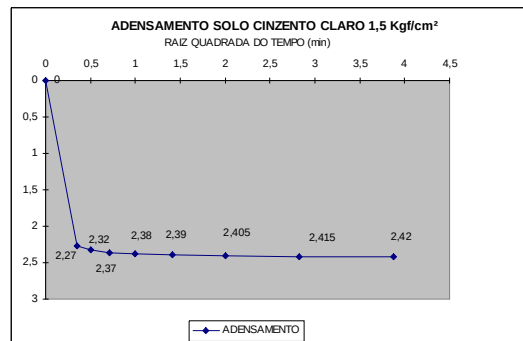


FIGURA 6.50 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 1,5 kgf/cm².

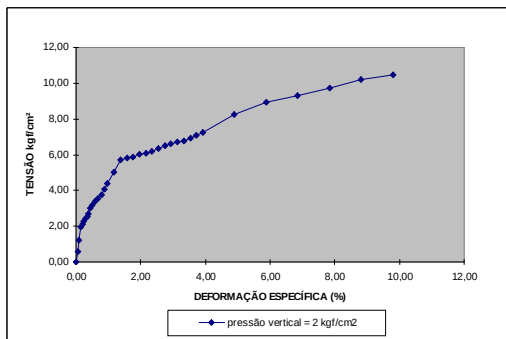


FIGURA 6.51 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm² Solo Cinzento Claro.

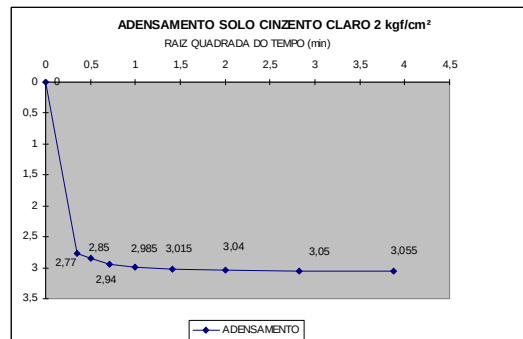


FIGURA 6.52 – Curva de adensamento Solo Cinzento Claro 2 kgf/cm².

6.7.8.4 – Cisalhamento Direto Solo Preto

As Figuras 6.53 a 6.58 ilustram os valores encontrados da curva de cisalhamento direto e adensamento do Solo Preto.

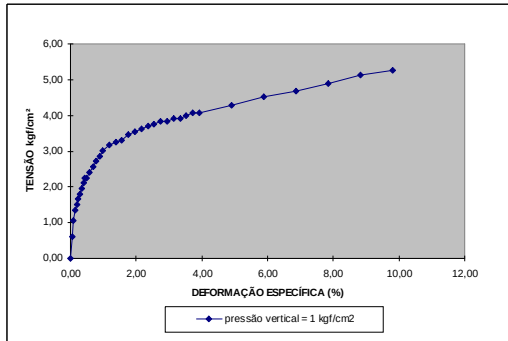


FIGURA 6.53 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1 kgf/cm² Solo Preto.

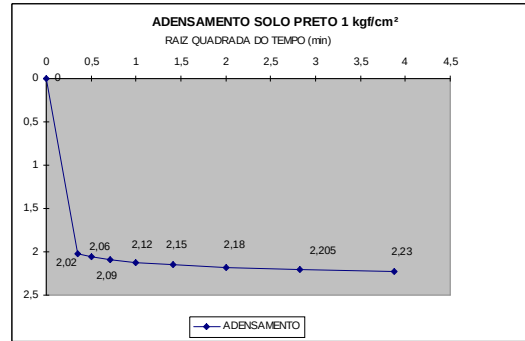


FIGURA 6.54 – Curva de adensamento Solo Preto 1 kgf/cm².

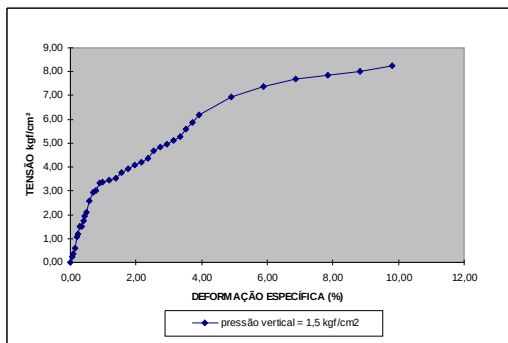


FIGURA 6.55 – Curva de cisalhamento direto, tensão 1,5 kgf/cm² Solo Preto.

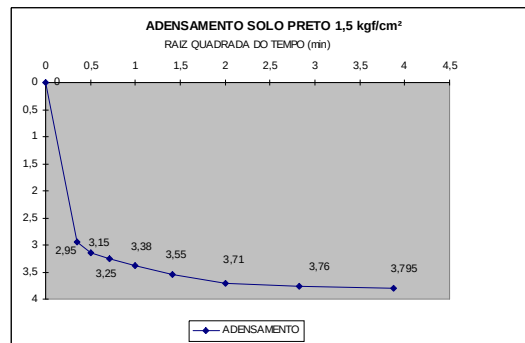


FIGURA 6.56 – Curva de adensamento Solo Preto 1,5 kgf/cm².

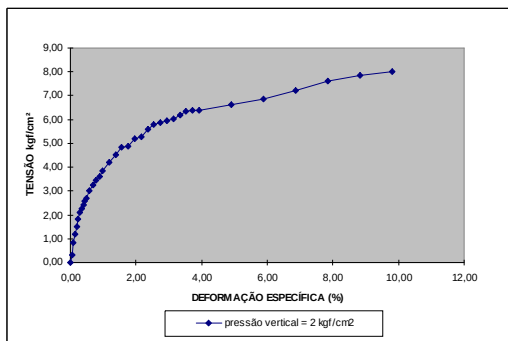


FIGURA 6.57 – Curva de cisalhamento direto, tensão 2 kgf/cm² Solo Preto.

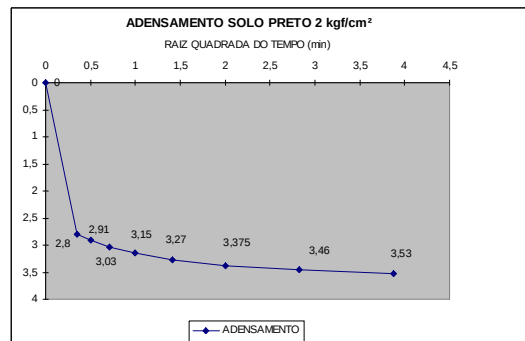


FIGURA 6.58 – Curva de adensamento Solo Preto 2 kgf/cm².

6.7.8.5 – Envoltória de resistência dos Solos

As Figuras 6.59 a 6.62 representam os valores das envoltórias dos solos da área de estudo, obtidas através dos ensaios de cisalhamento direto.

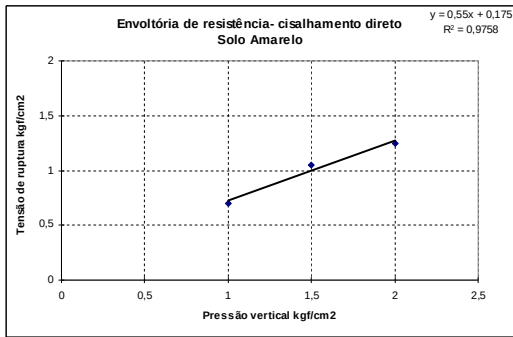


FIGURA 6.59 – Envoltória de resistência Solo Amarelo.

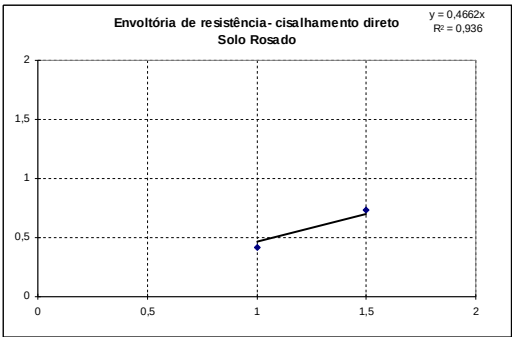


FIGURA 6.60 – Envoltória de resistência Solo Rosado.

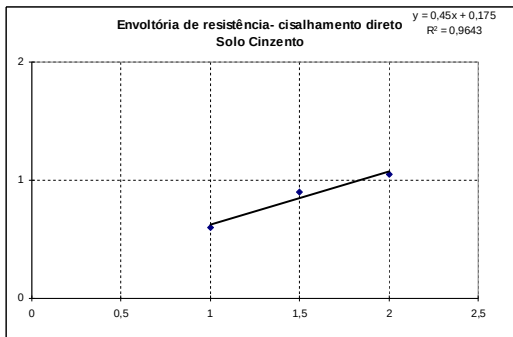


FIGURA 6.61 – Envoltória de resistência Solo Cinzento Claro.



FIGURA 6.62 – Envoltória de resistência Solo Preto.

A Tabela 6.16 reporta os resultados obtidos com o ensaio de cisalhamento direto dos solos da área de estudo.

Tabela 6.16 – Resultados dos ensaios de cisalhamento dos solos.

Cor do solo	Pressão vertical kgf/cm ²	Tensão de ruptura kgf/cm ²	y	R ²	C	Ø
Amarelo	1,0	0,7	0,55x + 0,175	0,9758	0,175	28,8°
	1,5	1,05				
	2,0	1,25				
Rosado	1,0	0,42	0,4662x	0,936	0	26°
	1,5	0,73				
	2,0	1,18				
Cinzento Claro	1,0	0,6	0,45x + 0,175	0,9643	0,175	24°
	1,5	0,9				
	2,0	1,05				
Preto	1,0	0,52	0,5292x	0,9969	0,34	14°
	1,5	0,8				
	2,0	0,8				

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento direto o solo preto é o solo menos erodível, possuindo um ângulo de atrito de 14° , seguido do solo cinzento claro com 24° de ângulo de atrito, posteriormente o solo rosado com 26° , e o mais erodível dos quatros solos é o solo amarelo com $28,8^\circ$ de ângulo de atrito. Uma observação desta seqüência de maior para menor erodibilidade é o fato destes solos estarem dispostos na mesma seqüência no talude, de cima para baixo: preto, cinzento claro, rosado e amarelo. Os solos amarelo e rosado estão mais próximos do NA e estão mais susceptíveis de serem mais lixiviados.

Em uma escavação que envolva os quatro solos, sugere-se que o ângulo de atrito deve ter uma inclinação inferior a 24° para evitar o riscos de deslizamentos e garantir a estabilidade do talude. Considerando que a espessura do solo de coloração preta possui um ângulo de atrito de 14° , sua espessura é pequena não afetando uma fundação.

6.7.9 – Permeabilidade dos Solos com Carga Constante

A permeabilidade indica a facilidade com as partículas de água fluem por entre os vazios do solo, possibilitando o maior ou menor carreamento do solo (Tabela 6.17). A permeabilidade caracteriza a capacidade do solo em infiltrar a água, este parâmetro reflete a relação infiltração/deflúvio e está diretamente relacionado à estrutura do solo, preparo do solo, erosão, aeração e absorção de água. A análise da permeabilidade pode fornecer os primeiros indícios do potencial de erodibilidade.

Tabela 6.17 – Permeabilidade dos solos com carga constante.

Cor do solo	K(cm/s)	Temp.	Classe
Amarelo	2,30E-05	20 ⁰ C	Moderadamente lenta
Rosado	3,10E-05	20 ⁰ C	Moderada
Cinzento Claro	1,95E-05	20 ⁰ C	Moderadamente lenta
Preto	1,33E-04	20 ⁰ C	Muito lenta

Após os ensaios de permeabilidade de solos com carga constante verificou-se que o solo rosado tem a maior permeabilidade de 3,10E-05 cm/s, a temperatura de 20°C; o solo

amarelo segue com 2,30E-05 cm/s, o solo cinzento claro com 1,95E-05 cm/s e, o solo preto com 1,33E-04 cm/s quando submetidos à mesma temperatura de teste.

6.7.10 – Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) tem uma função determinante no solo, um solo ácido possui maior concentração de microorganismos e consequentemente maior fertilidade contribuindo para a proliferação da cobertura vegetal e coesão do solo. Em geral o aumento do conteúdo orgânico de um solo diminui sua erodibilidade, o húmus é muito importante para a estabilidade dos agregados. A matéria orgânica devido à polarização positiva agrega as partículas de argila nos solos.

Os solos que possuem pH ácidos, geralmente são caracterizados por apresentarem uma desagregação de partículas não em forma alarmante, mas infelizmente este condicionante natural do solo é afetado pelo lançamento indevido de drenagens de águas pluviais com pH geralmente superior ao do solo, favorecendo, assim, a sua desagregação e acelerando o processo erosivo. A Tabela 6.18 mostra os resultados de pH obtidos dos solos.

Tabela 6.18 – Potencial hidrogeniônico (pH).

Cor do solo	pH
Amarelo	5,4
Rosado	5,39
Cinzento Claro	4,92
Preto	4,7

O solo amarelo apresentou um pH de 5,4 (ácido), o solo rosado 5,39 (ácido), o solo Cinzento Claro 4,92 (ácido) e o solo na coloração preta, se tratando de um solo rico em matéria orgânica apresentou o pH mais baixo de todos 4,7 (ácido).

6.7.11 – Ensaio de Azul de Metileno (AM)

A Tabela 6.19 ilustra os valores obtidos no ensaio de Azul de Metileno, ensaio que tem por finalidade a caracterização e identificação da fração fina dos solos. É a forma de medição indireta de finos do solo, através da superfície específica que permite a medida estimada do tamanho dos grãos finos. Assim, os solos de granulometria maior são mais susceptíveis à

erosão, enquanto os de menor granulometria, por serem mais coesos apresentam resistência á processos erosivos.

Tabela 6.19 – Ensaio de azul de metileno.

Cor do solo	Azul de Metileno Utilizado Vb	Superfície Específica SE	Capacidade de Troca Catiônica (CTC) meq/100g	Argila
Amarelo	1,75 ml	2,14 m ² /g	87,5	Montmorilonita
Rosado	2 ml	2,44 m ² /g	100	Montmorilonita
Cinzento				
Claro	1,25 ml	1,53 m ² /g	62,5	Montmorilonita
Preto	18 ml	22,02 m ² /g	1000	Vermiculita

6.7.12 – Matéria orgânica

A matéria orgânica é formada por resíduos de vegetais e animais. Seu papel principal é fornecer nutrientes as plantas e se constituir na fonte alimentar mais importante dos microorganismos, além de estabilizar a estrutura do solo. A concentração de matéria orgânica aumenta a capacidade de retenção de umidade dos solos arenosos. A presença de matéria orgânica é um fator que influencia na resistência do solo aos processos erosivos. Esta influencia estará vinculada a propriedades de retenção de água, a fortalecimento das ligações entre grãos e aumento da resistência à desagregação e à dispersão. A tabela 6.20 mostra os percentuais de matéria orgânicas dos solos em estudo.

Tabela 6.20 – Matéria orgânica.

MATÉRIA ORGÂNICA	
Solo Amarelo	0,25%
Solo Rosado	1,5%
Solo Cinzento Claro	0,5%
Solo Preto	12,75%

Segundo Ploey e Poesen (1985) apud Ramidan (2003) os solos instáveis são aqueles que possuem menos de 2% de matéria orgânica. Os resultados obtidos de quantificação de matéria orgânica dos solos Amarelo, Rosado e Cinzento Claro da área de estudo são menores que 2%, portanto, podem ser considerados propensos a erosão. Já o solo Preto possui 12,75% de matéria orgânica, caracterizando-se como um solo resistente à erosão.

6.7.13 – Erodibilidade

O fator (K) de Erodibilidade do solo representa a suscetibilidade do solo em ser erodido e é dado pelas características intrínsecas do mesmo. Este valor pode ser obtido diretamente através de ensaios de laboratório e campo ou através de métodos indiretos. WISCHMEIER; SMITH (1978) propõe o uso de um nomograma para determinação deste valor, construído com base na equação abaixo:

$$K = \frac{2,1M^{1,14}10^{-4}(12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3)}{100}$$

Onde:

K: índice de erodibilidade do solo

a: % de matéria orgânica

b: classe de estrutura do solo

c: classe de permeabilidade do solo

M: parâmetro que representa a textura do solo dado em %

M= (% silte + % areia muito fino)* (100 - % argila).

Para a obtenção do parâmetro K com maior aproximação (erodibilidade do solo) pode ser utilizada a equação abaixo, já apresentada, de WISCHMEIER & SMITH (1978). O valor de K é expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm.

Os valores obtidos pela devem ser multiplicados por um fator de correção igual a 0,1317, para se obter os resultados em unidades de [(ton.ha.h)/(MJ.mm.ha)]. Carvalho (1994) divide os valores de K em classes de interpretação, descritas na Tabela 6.21.

Tabela 6.21 – Classes de interpretação dos valores de K.

Classes de interpretação	Intervalos de valores de K (t.ha.h/MJ.mm.ha)
Erodibilidade baixa	$K < 0,0198$
Erodibilidade média	$0,0198 < K < 0,040$
Erodibilidade alta	$K > 0,040$

Após estas observações chegou-se nos resultados de erodibilidade dos solos da área de estudo. Resultados estes expostos na Tabela 6.22.

Tabela 6.22 – Erodibilidade dos solos.

ERODIBILIDADE (t.ha.h/MJ.mm.ha)
Solo Amarelo 0,32
Solo Rosado 0,27
Solo Cinzento Claro 0,41
Solo Preto 0,06

CAPÍTULO 7

EVOLUÇÃO DO PROCESSO EROSIVO

A realização dos vários trabalhos de campo na área de estudo possibilitou o registro fotográfico da evolução da voçoroca no Córrego Campo Alegre (Figuras 7.1 e 7.2), além de várias ações antrópicas como, desmatamento, criação de gado, aterros, queimadas e despejo de esgoto residencial que contribuíram e contribuem ainda para a sua degradação.



FIGURA 7.1 – Voçoroca do córrego Campo Alegre.
Data: 16/09/2004.



FIGURA 7.2 – Voçoroca do córrego Campo Alegre.
Data: 05/04/2007.

A Figura 7.3 evidencia o despejo clandestino de esgoto residencial associado a uma galeria pluvial em setembro de 2004, proveniente do bairro São Jorge. Este despejo acontece vinte e quatro horas por dia. Em 2006 a Prefeitura Municipal de Uberlândia implantou uma grande obra, a construção de um novo emissário de esgoto com o intuito de separação da água pluvial e de águas servidas, porém o lançamento das águas pluviais dos bairros São Jorge e Residencial Campo Alegre continuaram no mesmo local.



FIGURA 7.3 – Despejo de águas pluviais e esgoto na cabeceira do córrego.
Data: 16/09/2004.

Em abril de 2007 era possível se observar ainda o lançamento clandestino de esgoto na galeria recém construída, devido às ligações realizadas pela própria população, provavelmente pela falta de conscientização ambiental dos moradores (Figura 7.4).



FIGURA 7.4 – Despejo de águas pluviais e esgoto na cabeceira do córrego.
Data: 05/04/2007.

Em setembro de 2004 num dos trabalhos de campo realizados, pôde-se observar uma espécie de ilha na parte interna do canal fluvial com aproximadamente 6 a 7 metros de altura e com 10 metros de largura por uns 12 de comprimento próximo à saída de água da galeria pluvial (Figura 7.5).



FIGURA 7.5 – Volume de solo, aproximadamente com 12 metros x 6 metros x 10 metros.
Data: 16/09/2004.

Dois anos e sete meses depois o material residual foi erodido por ação das águas pluviais, podendo ser observado na Figura 7.6. A grande quantidade de solo que formava esse material residual, já não existe mais. E o processo de evolução da voçoroca é ativado durante o período chuvoso, acontecendo, no entanto, em menor intensidade durante a seca, como é o caso de trincas e rachaduras.



FIGURA 7.6 – Local onde existia o volume de solo.
Data: 05/04/2007.

A área de vereda do córrego ainda possui alguns Buritis que resistiram ao desmatamento, ao arraste das águas e aos ataques de vândalos. É comum observar Buritis que se desenvolvem tombados e até inclinados devido a movimentos de massa que ocorrem em consequência da fragilidade do solo (solo saturado). Em todo o percurso do córrego é alta a quantidade de troncos de Buritis e de árvores do cerrado encontrados, resultantes da evolução da voçoroca. Por ser uma área destinada à pastagem, o gado contribui sobremaneira com a compactação do solo e ajuda a na deteriorização dos taludes, desfazendo-os ao pisoteá-los (Figuras 7.7 e 7.8).



FIGURA 7.7 – Tombamento de Buriti.

Data: 16/09/2004.



FIGURA 7.8 – Buriti com as folhas retiradas e pisoteio do gado.

Data: 22/07/2007.

Dentre as várias nascentes existentes na área de estudo, no ano de 2004 observava-se o encontro do esgoto clandestino em tom mais escuro com uma das nascentes do córrego Campo Alegre em tom mais claro, neste ponto a erosão ainda é pouco profunda e com pouco avanço lateral (Figura 7.9). Em julho de 2007 ainda continuava o encontro do esgoto com a mesma nascente e o processo erosivo lateral era bastante expressivo (Figura 7.10).



FIGURA 7.9 – Encontro do esgoto doméstico com uma das nascentes do córrego.
Data: 16/09/2004.



FIGURA 7.10 – Encontro do esgoto doméstico com uma das nascentes do córrego.
Data: 22/07/2007.

Nas Figuras 7.11 e 7.12 é possível visualizar o impacto ambiental sofrido pelo mau planejamento ou não planejamento dos órgãos públicos responsáveis, no que se refere à construção de galerias pluviais. Não se levando em conta que por ser uma área de vereda o solo hidromórfico é vulnerável a grandes forças hidráulicas. Nos trabalhos de campo realizados na área em estudo percebeu-se o alargamento do canal em toda sua extensão e escavação em determinados pontos, chegando os taludes a medirem aproximadamente seis metros de altura. Com isso toda a vegetação ficou comprometida desde os Campos

Limpos, Buritis, árvores inteiras típicas do cerrado e a própria fauna que depende das mesmas para sobrevivência.



FIGURA 7.11 – Escavação do leito do córrego devido ao impacto das águas pluviais.
Data: 16/09/2004.



FIGURA 7.12 – Degradação ambiental devido ao impacto das águas pluviais.
Data: 16/09/2004.

Praticamente em toda a extensão os taludes da área em estudo apresentam ângulos em torno de 90°. Quando ocorrem deslizamentos de massas de sedimentos, esse material movimentado pode permanecer temporariamente apoiado no fundo da voçoroca. Nesses

casos, as paredes apresentam dois ângulos distintos, um quase vertical e outro com aproximadamente 50° na massa terrosa deslizada (Figuras 7.13 e 7.14).



FIGURA 7.13 – Queda de Talude, devido ao impacto das águas pluviais.
Data: 16/09/2004.



FIGURA 7.14 – Movimentação de massas devido ao impacto das águas pluviais.
Data: 16/09/2004.

Para tentar amenizar o problema de erosão da área que circunda o córrego Campo Alegre a prefeitura despejou vários caminhões de terra e entulho de material de construção civil, porém esta atitude não resolveu o problema, uma vez que os entulhos de construção civil normalmente vêm misturados a algum tipo de lixo: sacolas plásticas, pneus, embalagens de alumínio (marmitex), garrafas pets, (Figura 7.15).



FIGURA 7.15 – Pneu e lixo depositados nas margens do córrego.
Data: 16/09/2004.

Na tentativa de impedir o carreamento de material a prefeitura não obteve êxito em despejar vários caminhões de entulho de construções civis, todas as vezes que chega o período chuvoso este material é transportado córrego abaixo (Figura 7.16), conseguindo deixar no leito do córrego, cacos de tijolos, pedaços de concreto, pneus, sacolas plásticas.



FIGURA 7.16 – Assoreamento do córrego com entulhos de construção civil.
Data: 16/09/2004.

Durante toda a pesquisa contactou-se o avanço da voçoroca, tanto lateralmente quanto no leito do córrego. Com o aumento da deposição de detritos nas regiões de menor velocidade, verificou-se uma mudança na configuração do vale, que passou a ter a forma de um “U” bastante aberto, de base muitas vezes maior que os lados. Tal configuração decorre da deposição no fundo e da erosão que passou a ser lateral (Figura 7.17). Com a erosão lateral do córrego e por se tratar de um solo arenoso, a ação abrasiva resultou no carreamento de sedimentos que pode ser visualizado na Figura 7.18.



FIGURA 7.17 – Erosão lateral do córrego.
Data: 01/06/2006.



FIGURA 7.18 – Carreamento de sedimentos.
Data: 13/02/2005.

A erosão ao remover materiais do fundo, da cabeceira e dos taludes da voçoroca, provocou um alívio de tensões, tanto vertical quanto horizontal. Essas alterações se configuraram uma alteração principalmente no aparecimento de trincas ou fendas próximas ao topo dos taludes e das cabeceiras das voçorocas. A presença dessas fendas de aumento de tensão paralelas aos taludes da voçoroca, tem uma função importante na evolução do processo erosivo, não só nos taludes laterais, como também na cabeceira, à montante.

Durante vários trabalhos de campo observaram-se várias trincas desde sua formação, passando por várias etapas de abertura até a ruptura total das paredes da voçoroca. Com o avanço da erosão essas trincas ficam próximas dos taludes e a abertura entre os blocos aumenta em até 20 cm (Figura 7.19), aparecendo então novas trincas paralelas ou subparalelas a essa primeira (Figura 7.20), dando continuidade a todo o processo erosivo.



FIGURA 7.19 – Fenda na área de estudo.

Data: 01/06/2006.



FIGURA 7.20 – Trinca na área de estudo.

Data: 05/04/2207.

As fissuras no solo hidromórfico do córrego Campo Alegre são causadas pela migração da água para níveis mais baixos, essas fissuras ficam expostas à ação do tempo, facilitando a penetração das águas pluviais. Dessa forma quando chega o período de estiagem a estrutura dos agregados ressecam-se e se quebram, e conseqüentemente a vegetação de

cerrado que se tornou vulnerável com a falta de solo para sua sustentação caí dentro da área voçorocada (Figuras 7.21 a 7.24).



FIGURA 7.21 – Fissuras no solo hidromórfico.
Data: 01/06/2006.



FIGURA 7.22 – Queda de vegetação.
Data: 22/07/2007.



FIGURA 7.23 – Queda de vegetação.
Data: 01/06/2006.



FIGURA 7.24 – Queda de vegetação.
Data: 22/07/2007.

Próximo aos taludes do córrego Campo Alegre observou-se a presença de várias áreas de subsidência (Figura 7.25), a distâncias variáveis da borda da erosão, porém não superiores a 7 metros. Essas estruturas apresentam um contorno aproximadamente circular, com diâmetro de 3 a 4 metros e com aprofundamento contínuo.



FIGURA 7.25 – Ocorrência de subsidência.
Data: 01/06/2006.

Durante o período chuvoso essas áreas afundadas atuam como reservatórios de retenção das enxurradas e com o passar do tempo se agregam à voçoroca aumentando-a lateralmente (Figura 7.26). Não se pôde precisar a origem das subsidências, a princípio parece estar associada a raízes de vegetação pretérita ou a cupinzeiros que existem em abundância neste local.



FIGURA 7.26 – Aumento lateral da voçoroca.
Data: 22/07/2007.

Em 22/07/2007 foi medido a distancia de evolução da erosão lateral do córrego. Após o primeiro período chuvoso, final de 2004 e início de 2005 as primeiras estacas fixadas à margem do talude já tinham sido arrastadas junto com o solo monitorado, ou seja, houve um alargamento da voçoroca em mais de 1,70 metros. No segundo período chuvoso de 2005/2006 a margem do talude evoluiu mais 1,20 metros e no período chuvoso 2006/2007 o talude avançou mais 0,90 metros, comparado à leitura anterior. A altura do talude media em torno de 6,5 metros de altura, conseqüência do córrego estar bem próximo de atingir seu nível de base, Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Monitoramento do avanço do talude.

Data	Distância do talude		Altura do talude
	1º ponto	2º ponto	
22/11/2004	4 metros	4 metros	6 metros
20/07/2005	2,10 metros	2,30 metros	6,2 metros
15/07/2006	1,00 metros	1,10 metros	6,2 metros
22/07/2007	zero	0,20 metros	6,5 metros

Foram instalados em 22/07/2007 no local de monitoramento da voçoroca mais quatro estacas na distância de dez metros da margem do talude, devido ao avanço rápido da erosão que ocorreu durante a pesquisa (Figura 7.27).



FIGURA 7.27 – Estacas de monitoramento da voçoroca.

Não se pode precisar o período inicial da dinâmica erosiva do Córrego Campo Alegre. Porém foi feito uma estimativa da perda do solo durante os anos de 1979 a 2004; verificando que houve uma perda considerável de 17.145,6 m² de superfície do solo, representada pela área de coloração amarela na Figura 7.28.

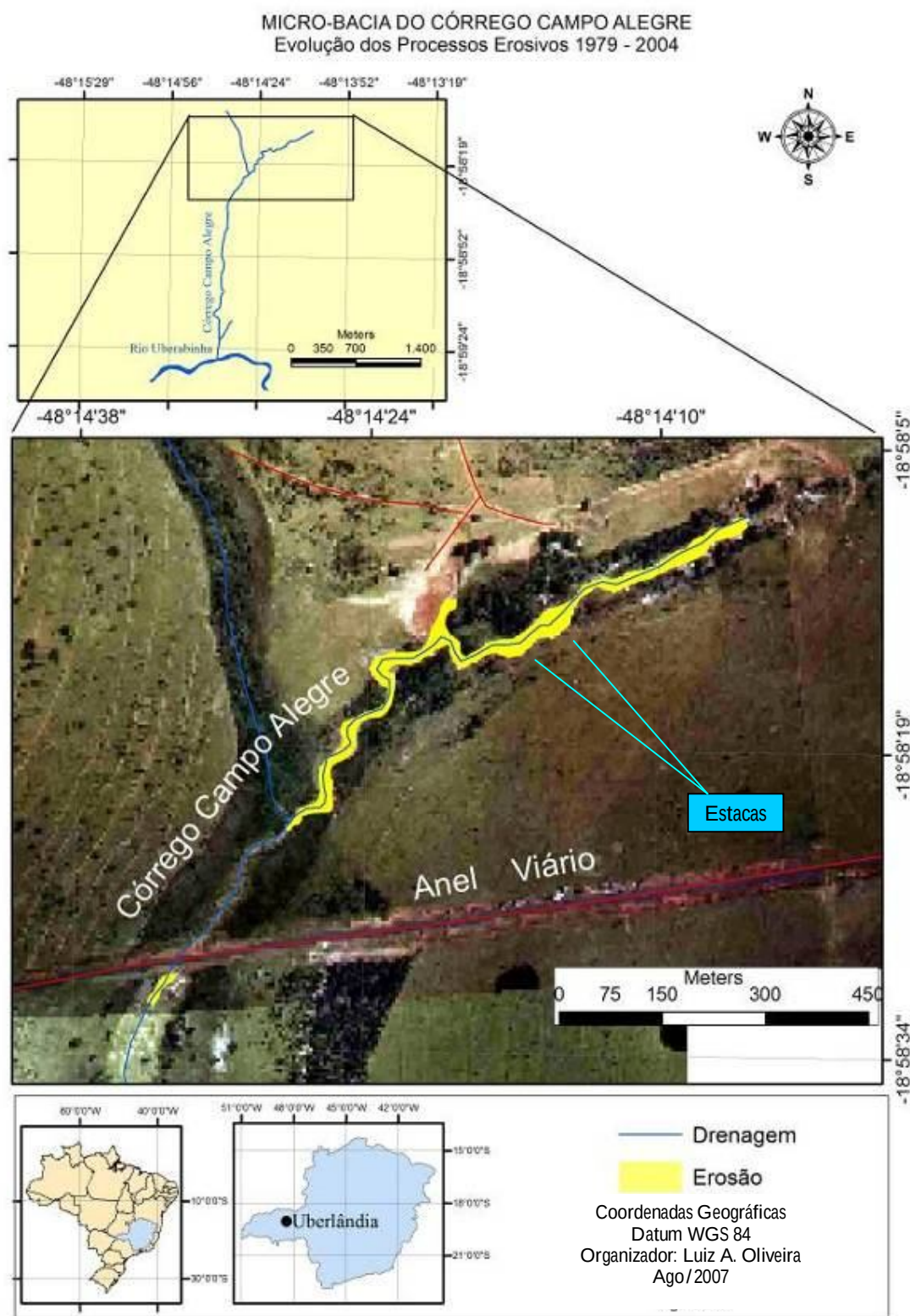


FIGURA 7.28 – Evolução dos processos erosivos 1979 – 2004.

CAPÍTULO 8

PROPOSTAS PARA CONTENÇÃO DA VOÇOROCA

A conservação do solo consiste em dar o uso e o manejo adequado às suas características químicas, físicas e biológicas, visando à manutenção do equilíbrio ou recuperação. Através das práticas de conservação, é possível manter a fertilidade do solo e evitar problemas comuns, como a erosão e a compactação.

No caso específico do Córrego Campo Alegre, por se tratar uma área de vereda, a primeira atitude a ser tomada deve partir do poder público. Deve-se desviar toda a água pluvial que é direcionada ao córrego, construindo uma galeria pluvial e o novo deságüe ser direto no rio Uberabinha, pois o seu volume e suas dimensões são bem superiores à do Córrego Campo Alegre.

Para conter ravinas e voçorocas podem-se adotar alguns métodos de contenção, que são baseadas no clássico trabalho de Bigarella e Mazuchowski (1985) apud Viera e Molinari (2005) que se encontram apresentadas aqui de forma resumida:

“a) Desvio das águas de superfície – toda vez que se tentar conter o crescimento de uma incisão erosiva deve-se primeiramente desviar as águas de superfície. Se não for possível desviar a água de maneira segura é preferível não fazê-lo, caso contrário daria início a um novo voçorocamento. Para tanto, utilizam-se os canais de derivação revestidos. Estes canais ou tubulações dão seqüência à condução das águas pluviais e servidas até um local adequado para a descarga das águas, onde a sua energia possa ser dissipada. Os dissipadores de energia das águas são obras construídas nas extremidades dos emissários ou obras executadas através da estabilização de vales receptores, cuja principal função é diminuir a energia do escoamento das águas nos pontos de descarga.

b) Proteção das cabeceiras – se o terreno acima da ravina/voçoroca/movimento de massa for demasiadamente declivoso para o emprego das técnicas de terraceamento, ou ainda, se a bacia alimentadora for constituída de pastagens ou matas, é possível usar valas de desvio, para impedir que o escoamento concentrado se dirija para o barranco. Os terrenos à montante deverão ser convenientemente protegidos. Essa proteção segundo Bigarella e Mazuchowski (1985) apud Viera e Molinari (2005) “deverá consistir em prática que facilite a infiltração das águas pluviais no solo: recomenda-se uma eficaz proteção da vegetação nas cabeceiras das voçorocas, pois quanto mais densa e vigorosa for a vegetação tanto menores serão as sobras de água”.

c) Revestimento vegetal – como citado anteriormente, a vegetação compreende um fator de estabilidade e proteção das encostas, além de que onde há vegetação o processo de infiltração é maior. Vale ressaltar, que uma vez estabelecida a vegetação na incisão erosiva, será mais difícil que a erosão se dê

com velocidade, tendendo a uma estagnação completa. A vegetação poderá ou não aparecer nessas incisões em qualquer fase de seu desenvolvimento desde que ocorra em algum setor onde haja possibilidade de crescimento da vegetação. Porém, quando a vegetação natural parecer incapaz de dominar a erosão, ou onde se deseje certas espécies vegetais de valor econômico, será necessário considerar a possibilidade de se plantar espécies vegetais desejadas. Vale frisar, que uma primeira tentativa de introdução de vegetação na recuperação de áreas degradadas deverá priorizar as espécies nativas da região”.

A área de estudo está ocupada com pastos e poucos arbustos, além de cercar as nascentes é preciso plantar algumas árvores, escolhendo bem as espécies, a quantidade e a distribuição. O plantio de muitas árvores pode secar as nascentes por algum tempo. Para uma área cercada de 7854 m² recomenda-se plantar cerca de 30 a 100 árvores, dependendo do potencial de regeneração e do ecossistema local (CEMIG, UFLA, 2004). Nessa quantidade, essas árvores irão atrair pássaros e outros animais que trarão novas sementes que irão reflorestar a área aos poucos, além de aumentar a infiltração da água de chuva no solo Tabela 8.1.

Tabela 8.1 – Espécies de plantas para recuperação da área em estudo.

Nome científico	Nome vulgar	Porte da árvore	Importância para a fauna
<i>Agonandra brasiliensis</i>	Pau-marfim-do-cerrado	8 a 15 metros	Flores especialmente atrativas para periquitos e papagaios.
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira-mansa	5 a 10 metros	As flores são melíferas. Os frutos são procurados por várias espécies da avifauna.
<i>Tapirira obtusa</i>	Pau-pombo	8 a 12 metros	As flores são melíferas. Os frutos são altamente procurados pelo pombo silvestre.
<i>Annoma coriacea</i>	Araticum	3 a 6 metros	Frutos apreciados pela fauna.
<i>Xylopia aromatica</i>	Pimenta-de-macaco	4 a 6 metros	Frutos procurados por várias espécies de pássaros.
<i>Tabebuia ochracea</i>	Ipê amarelo	6 a 14 metros	Flores muito visitadas por abelhas e outros insetos.
<i>Coupeia grandiflora</i>	Fruta-de-ema	4 a 6 metros	Os frutos são consumidos por morcegos e alguns outros animais.

(CEMIG, UFLA, 2004).

A Hidrossemeadura consiste na aplicação de uma massa pastosa em taludes ou áreas inclinadas susceptíveis à erosão. Composta por fertilizantes, sementes, adesivos e matéria orgânica viva. Lançada por jato de alta pressão, esta massa adere à superfície formando uma camada protetora que além de fixar as sementes e demais componentes, funciona como escudo contra a ação da chuva, do vento e outros agentes causadores da erosão. Este método leva em conta as características do solo e suas necessidades (Figuras 8.1 e 8.2).



FIGURA 8.1 – Talude antes da aplicação da hidrossemeadura.
Fonte: Conspizza Hidrossemeadura



FIGURA 8.2 – Talude depois da aplicação da hidrossemeadura.
Fonte: Conspizza Hidrossemeadura

CAPÍTULO 9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho identificou uma área de voçoroca dentro de uma vereda, seu comportamento evolutivo resultante das ações antrópicas, como desmatamento, criação de gado, urbanização e deságüe de águas pluviais e suas conseqüências. Procurou compreender as características físicas do solo através de ensaios mecânicos realizados em laboratórios.

No Cerrado, bioma onde se localiza a área de estudo, por ter duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, percebe-se nitidamente uma evolução do processo erosivo na estação chuvosa. A dinâmica do processo erosivo ganha mais intensidade, a energia liberada pela água pluvial escava lateralmente a área voçorocada de tal forma que além de arrastar uma grande quantidade de solo, leva junto toda a vegetação que encontra pela frente. No período de seca o processo erosivo é insignificante, com exceção do pisoteio de gado e da retirada de solo orgânico pelos moradores da região, que de forma direta contribuem para a fragilidade do solo. A voçoroca apresenta uma profundidade de aproximadamente de 6 a 7 metros, e em torno dessa área voçorocada a vegetação é composta por árvores de pequeno porte com altura entre 3 a 4 metros.

No córrego Campo Alegre os processos erosivos iniciam-se pelo impacto da água pluvial com o terreno, desagregando suas partículas que associadas à declividade são arrastadas e liberadas, uma vez que solos com textura arenosa são extremamente suscetíveis aos processos erosivos, em especial quando sofrem desmatamento generalizado e concentração do escoamento das águas pluviais. Muito material já foi e está sendo carregado córrego abaixo, árvores inteiras estão sendo arrancadas do seu local de origem, onde havia farturas de Buritis, hoje se vê Buritis solitários e inclinados ou até mesmos secos e vulneráveis a ações das queimadas dos vândalos. Muitas aves estão desaparecendo e a área que se considerava vereda já não pode ser classificada com tal. Houve uma redução de 84% da vegetação nativa encontrada na área de estudo comparando os anos de 1979 com 2004. No ritmo que se encontra o carreamento de solo em breve não restarão arvores, arbustos ou

qualquer tipo de vegetação no local. Deve-se imediatamente cessar o deságüe de águas pluviais no Córrego Campo Alegre e expandir suas galerias pluviais até o rio Uberabinha.

Diante do exposto, verificam-se irregularidades referentes à legislação ambiental DIAS (2001). Dentre elas, podem-se citar:

- Desflorestamento da vegetação da área de preservação permanente próxima às nascentes e soterramento da mesma.

A Resolução Conama nº 4, de 18/09/1985, estabelece em seu artigo 3º que são reservas ecológicas:

“(...) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas nascentes permanentes ou temporárias incluindo os olhos d’ água e veredas, seja qual for a sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 metros a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte (...)”.

“(...) ao longo dos rios ou corpos d’água, em faixa marginal além do leito maior sazonal medida horizontalmente, cuja largura mínima será de 30 metros para os rios com menos de 10 metros de largura (...)”.

O Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho de 1989, também em seu artigo 3º comenta:

“(...) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados ‘olhos d’água’, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio de 50 metros de largura(...)”.

- Erosão dos solos, retirada da mata galeria e consequentemente assoreamento dos rios.

O Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho de 1989, estabelece em seu artigo 2º:

“(...) são áreas de preservação permanente, pelo só efeito dessa lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: a) ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d’água, em faixa marginal cuja largura mínima será de 30 metros para os rios com até 10 metros de largura (...), as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas a atenuar a erosão das terras (...)”.

- Presença de lixo orgânico e inorgânico em uma área de vereda, despejo de esgoto doméstico, resultando em poluição do córrego, afetando e comprometendo a vida vegetal e animal.

A Resolução Conama nº 1, de 23/01/1986, considera em seu artigo 1º:

“(...) impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a

biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V – a qualidade dos recursos naturais (...)”.

Conforme Cap IV do Meio Ambiente, artigo 225, da Constituição da República Federativa do Brasil, 1988:

“(...) todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum ao povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (...)”.

O Art. 1º do Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 que regulamenta a Lei nº 6902 de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

“(...) identificar e informar, aos órgãos e entidades do Sistema Nacional do Meio Ambiente, a existência de áreas degradadas ou ameaçadas de degradação, propondo medidas para sua recuperação (...)”.

Lei Complementar nº 245, 30 de novembro de 2000. Plano Diretor da Cidade de Uberlândia no Capítulo IV no que se refere: Do Zoneamento do uso do solo, artigo 54.

“(...) considera-se Zona de Preservação Total (ZPT) a região dos fundos de vale, praças, parques, bosques e outras áreas similares de interesse público, de preservação obrigatória. Além da Lei Complementar nº 245 de 30 de novembro de 2000. “Dispõe sobre o Parcelamento e Zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia”, anexo III Zona de Preservação Total Parte 1 – Rio Uberabinha – Margem Direita segue por sua margem rumo oeste, segue por este numa faixa de quinhentos metros até o Córrego Campo Alegre, segue por este, pela margem esquerda numa faixa de trinta metros, contorna as nascentes e retorna pela margem direita, numa faixa de trinta metros até o Rio Uberabinha, (...)”.

No Plano Diretor da Cidade de Uberlândia existe um equívoco: determina-se respeitar a faixa de 30 metros em toda a extensão do córrego Campo Alegre. Esta determinação não condiz com o Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho de 1989 uma vez que devem ser respeitados os 50 metros em torno das nascentes e 30 metros para as margens dos rios até 10 metros de largura.

Os resultados obtidos nos ensaios físicos de laboratórios mostraram que o solo é de textura arenosa, poroso e plástico e consequentemente erodível. O ensaio de cisalhamento direto confirmou que o solo da área de estudo é vulnerável à erosão. Estes resultados serão também de importante relevância para o planejamento territorial regional, urbano ou rural no que se refere elaboração e execução de obras de controle e amenização do problema, podendo ser usados como referência pelos órgãos públicos, como a Prefeitura Municipal de Uberlândia, IBAMA e outros órgãos que se atentem para as áreas de veredas,

possibilitando assim, a ocupação adequada da bacia e servindo também de subsídio para o planejamento de ocupação de outras bacias de características semelhantes.

A urbanização é uma forma de uso do solo que provoca a diminuição da infiltração e aumento da quantidade e da velocidade de escoamento das águas superficiais. O modelo urbanístico das ruas e avenidas dos bairros São Jorge e Laranjeiras direcionam toda a água pluvial para a área de vereda do córrego Campo Alegre, contribuindo excessivamente para a degradação e carreamento de material da área de estudo.

A urbanização e expansão dos bairros São Jorge e Laranjeiras é perceptível, e logo abraçarão o Córrego Campo Alegre ou o que restar dele. Sendo estes bairros povoados por uma população de baixa renda e que com certeza não possui recursos para um lazer digno. A Prefeitura Municipal de Uberlândia poderia transformar esta Zona de Preservação Total (ZPT) em Parque Linear e em área verde para a população, considerando a deficiência em parques com preservação de cerrado nesta região da cidade, onde poderia ser desenvolvidos projetos voltados para a educação e conscientização ambiental da população e das crianças residentes nestes bairros e na região.

Uberlândia possui várias empresas e através de parceria com a iniciativa privada, esta área poderia ser aproveitada como um grande viveiro de mudas típicas do Cerrado para revitalização e recuperação de matas ciliares do Rio Uberabinha e dos córregos do município, sendo uma oportunidade para muitos proprietários de terras conseguirem mudas acessíveis e de qualidade para uma ação que refletirá em bem estar e conforto para toda a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. **Refuncionalização da metrópole no período técnico-científico-informacional e os novos serviços.** In: SANTOS, M. SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade do século XXI. Rio de Janeiro: Record. 2001. p. 389.

ALVES, R. R. **Monitoramento e Evolução Morfométrica: estudo por perfilagem de perda de solo em voçoroca no município de Uberlândia-MG.** 2004. 110 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2004.

ARANTES, A. de O.; REPEZZA, R.; SOARES, B.R. Bairros São Jorge e Laranjeiras: A Periferia que mais Cresce em Uberlândia. **Sociedade e Natureza.** Uberlândia. EDUFU, nº 16, p.5-14, Jan/Dez 1996.

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental em área degradadas.** 1.ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6023:** referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 5734:** peneiras para ensaio – especificação – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 6457:** amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

_____. **NBR 6458:** grãos de pedregulho retidos na peneira 4,8 mm – determinação da massa específica – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 9 p.

_____. **NBR 6459:** solo – determinação do limite de liquidez – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

_____. **NBR 6502:** rochas e solos – terminologia. Rio de Janeiro, 1995. 18 p.

_____. **NBR 6508:** grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

_____. **NBR 7180:** determinação do limite de plasticidade – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 3 p.

_____. **NBR 7181:** solo – análise granulométrica – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

_____. **NBR 7182:** solo – ensaio de compactação – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

_____. **NBR 9604:** abertura de poço e trincheira de inspeção de solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas - procedimento. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

_____. **NBR 13292:** solo: determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares a carga constante: método de ensaio. 1995. 8 p.

BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do Município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia. EDUFU, nº 1, p.17-21, jun. 1989.

_____. **Processos erosivos no domínio do cerrado**. In: GUERRA, A. J. T. et al. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 53.

BRITO, J. L. S.; ROSA, R. **Elaboração do mapa de solos da bacia do rio Araguari na escala de 1:500.000**. II Simpósio Regional de Geografia “Perspectivas para o cerrado no século XXI”. Uberlândia: 26 a 29 de novembro de 2003. 1 CD-ROM.

BUENO, B. de S.; VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. Viçosa: Oficina Gráfica da Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1980. Departamento de Engenharia Civil – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Universidade Federal de Viçosa, p. 11 – 35.

_____. **Mecânica dos solos**. Publicação 015/88 reimpressão, São Carlos, 1984. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Geotecnia.

CAMPOS, E. C.; DEMATTÊ, J. A. M. **Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição à automatização do método para fins de classificação de solos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol. 28 nº 5. Viçosa. Sept/Oct. 2004. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-068320040005000008>
Acesso em: 05 mar. 2007.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. 1. ed. Goiânia: Editora da UFG, 1994. 137 p.

CEMIG; UFLA; FAEPE. **Nascente, o verdadeiro tesouro da propriedade rural – o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais**. 2ª edição revisada. Belo Horizonte. CEMIG 2004. 20 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980. p. 113.

COELHO, M. C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19 – 20 - 23.

COSTA, A. A. da. **Plantio Direto, seu papel na recuperação da estrutura degradada por compactação em solos do cerrado da chapada de Uberlândia/MG.** 2001. 177 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – Universidade Federal de Goiás, Goiás. 2001.

CUNHA, S. B. da.; VIEIRA, V. T. **Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro).** In GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. da. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 131.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas.** 7. ed. São Paulo: Editora Gaia Ltda, 2001. 551p.

EL-SWAIFT, S. A.; DANGLER, E. W.; ARMSTRONG, C. L. **Soil Erosion by Water in the Tropics.** Department of Agronomy and Soil Science. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. Honolulu, Hawaii. 1982. pág. 1.

FABBRI, G.T.P. **Caracterização da fração fina dos solos tropicais através da adsorção de azul de metileno.** São Carlos, 1994. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1994.

FELIPPE, M.; UMBELINO, G. Movimentos de massa e vegetação: o sensoriamento remoto como procedimento metodológico no estudo dos processos de vertente. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5215-5218.

FERNANDES, D. de O; ZUQUETTE, L.V. **Variabilidade dos resultados de ensaios de erodibilidade – materiais inconsolidados da bacia do Ribeirão Samambaia – Região de São Pedro, SP.** In: I Simpósio Sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste, 26 a 28 de novembro de 2003. Brasília. UNB, Universidade de Brasília.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. **Movimentos de massa: uma abordagem Geológico-Geomorfológica.** In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (Org). Geomorfologia e meio ambiente. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 394p.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio o dicionário da língua portuguesa século XXI.** 3.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

FERREIRA, I. L. **Estudos Geomorfológicos em áreas amostrais da bacia do Rio Araguari – MG, uma abordagem da cartografia geomorfológica.** 2005. 128 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2005.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos: aplicações na estabilidade de taludes.** 20. ed. Curitiba: Editora da UFPR, Universidade Federal do Paraná, 2001. 550 p.

FUGIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa micro bacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento.** 2002. 118 f. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura (Luiz de Queiroz) – Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-12112002-141046/>>. Acesso em: 02 Fev. 2007.

GERITS, J.; IMESON, A.C.; VERSTRATEN J. M.; BRYAN, R. B. **Rill Development and Badland Regolith Properties.** In: BRYAN, R. B. Rill Erosion: Processes and Significance. Catena Supplement 8, Braunschweig, 1987.

GONÇALVES, F. C. **Análise hidrológica em comportamento de paisagem na bacia do córrego Conceição – Município de Uberlândia e Tupaciguara – MG.** 2003. 137 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2003.

GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 169.

GROSSI, S. R. D. **As bases geomorfológicas da paisagem do planalto de Monte Alto (SP)**. 1982. 200 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1982.

GUERRA, A. T; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro 1997.

GUERRA, A. J. T. et al. (Org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org). **Geomorfologia e meio ambiente**. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 394p.

_____. (Org). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372p.

GUERRA, A. J. T. **Experimentos e monitoramento em erosão dos solos**. Revista do Departamento de geografia 16 (2005) 32-37. (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos. Departamento de Geografia – UFRJ. Disponível em: <<http://www.lagesolos.ufrj.br>>. Acesso em: 18 abr. 2007.

HILLEL, D. **Soil and Water: Physical Principles and Processes**. Departament of Soil Science. The Hebrew University of Jerusalem. Rehovot, Israel. 1971. pág.11.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. **Geologia geral**. 12. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1995. 399p.

MAGOSSI, L. R.; BONACELLA. P. H. **A poluição das águas**. São Paulo: Editora Moderna, 2001. pag. 12.

MENDES, P.C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2001.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Norma rodoviária DNER-ME 258/94: Solos compactados em equipamentos miniatura – Mini-MCV. Método de ensaio**. Brasília, 1994. 14 p.

MUNSELL COLOR COMPANY, **Munsell color soil charts**. Baltimore, Maryland. USA, 1975. 16 p.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia. EDUFU, nº 1, p.9-16, jun. 1989.

_____. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos – SP**. 1991. 228 f. Dissertação de Mestrado em Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1991.

OLIVEIRA, B. A. de.; **Proposta de um método de ensaio para determinação do volume de azul de metileno adsorvido pela fração fina de solos tropicais**. 2005. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC). Dissertação de Mestrado. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-17022006-113526/>>. Acesso em: 05 mar. 2007.

OLIVEIRA, M. C. T. de. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In Erosão e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 57 – 99, 1999.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 70.

PASTORE, E. L. Contribuição ao tema geotecnia e meio ambiente: erosão. In: VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, VIII, 12 a 16 de outubro de 1986, Porto Alegre. **Anais Vol. V MS-3 Geotecnia e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ABMS, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1986. p. 43-54.

PEJON, O.J. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-SP (escala 1:100.000). Estudos de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos**. 1992. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1992.

PENNA, N. A. **Urbanização, cidade e meio ambiente**. XX – GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 12, 2002.

PICKUP, G. **Geomorfology of Tropical Rivers I. Landforms, Hidrology and Sedimentation in the Fly and Lower Purari, Papua New Guinea**. In: Channel Processes: Water, Sediment, Catchment Controls. Papua New Guinea. SCHICK, A. P. Catena Suplplement 5. 1984. pág 10.

PINTO, C. de S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 2ª Ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2002. p. 51.

RAMIDAN, M. A. S. **Estudo de um processo de voçorocamento próximo a UHE de Itumbiara – GO**. 2003. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil – Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.

RIBEIRO, J. F. ; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. Cerrado ambiente e flora. Planaltina: Embrapa Cerrados. 1998. p. 89 -166.

RODRIGUES, J. E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados – Voçorocas**. 1982. 162 f. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1982.

RODRIGUES, L. **Aplicação da técnica de avaliação de terrenos na bacia do córrego dos macacos, Uberlândia (MG) com ênfase em erosão dos solos.** 2002. 140 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2002.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil.** 4. ed. São Paulo: Edusp, 2003. p. 402.

SHIKI, S. **Sistema Agroalimentar nos Cerrados Brasileiros: Caminhando para o Caos?** In SHIKI, S.; SILVA, J. G. da.; ORTEGA, A. C. Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado. Uberlândia: Departamento de Economia e Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 1997. p. 159.

SILVA, A. M.; PINHEIRO, M. S. de. F.; FREITAS, N. E. de. **Guia para normalização de trabalhos técnicos-científicos: projetos de pesquisa, monografias, dissertações e teses.** 2. ed. Uberlândia: Edufu, 2002. 159 p.

SOUZA, M. L. de. **Estudos geológicos-geotécnicos de feições erosivas voltados a tomada de procedimentos de decisões quanto a medidas corretivas, mitigadoras e preventivas: aplicação no município de Umuarama (PR).** 2000. 284 f. Dissertação de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo. 2000.

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J. B.; VILAR, O. M. **Ensaio de laboratório em mecânica dos solos.** Publicação 004/87 reimpressão, São Carlos, 1981. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Geotecnia.

TORRI, D. **A Theoretical Study of Soil detachability.** In: Geomorphological Models: Theoretical and Empirical Aspects. Catena Supplement 10. Braunschweig. 1987. pág 15.

VASCONCELOS, V. F. **Análise das condições ambientais da bacia hidrográfica do córrego Lava-pés, no município de Indianópolis – MG, com suporte para seu gerenciamento.** 2005. 138 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

VIEIRA, A. F. G.; MOLINARI, D. C. **Caracterização geral da degradação ambiental na área do distrito industrial II -(Manaus-AM): o papel exercido pelas voçorocas.** In: II Simpósio Sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste UFG-2005. Goiânia – GO. 1 CD-ROM pág 39 – 48.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argiloso Vermelho – Amarelo submetidos a diferentes métodos de preparo de solo no vale do Paraíba – SP .** 2005. 83 f. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura (Luiz de Queiroz) – Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06012006-170804/>>. Acesso em: 2 Fev. 2007.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses.** In: Agricultural Handbook nº 537, Soil Conservation Service. Department of Agriculture United States. 1978.

YOUNG, R. A.; ROMKENS, M. J. M.; Mc COOL, D. K. **Temporal Variations in Soil Erodibility.** In: Soil Erosion: Experiments and Models. Catena Supplement 17. Cremlingen. 1990. pág 41.

UBERLANDIA. **Lei complementar nº 245 de 30 de novembro de 2000.** Jornal: O município. 2º caderno. Uberlândia, terça-feira, 05 de dezembro de 2000. ano XIII - nº 1313.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLANDIA. **Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente de Uberlândia. BDI (Banco de Dados Integrados, 2004).** Jun. 2007. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2007.

_____. **Lei Complementar nº 017 de 04 de dezembro de 1991.** Dispõe sobre a Política de Proteção, Controle e Conservação do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br>> . Acesso em: 20 mai. 2007.

_____. **Lei Complementar nº 245 de 05 de dezembro de 2000.** Dispõe sobre o Parcelamento e Zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2007.

<<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Sestini-M-F-1999/cap2.pdf>>. > Acesso em: 14 out. 2007.

<<http://www.sidklein.vilabol.uol.com.br/pos/metexp.htm>>. > Acesso em: 02 nov. 2007.

<<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/inter09a.html>>. > Acesso em: 02 nov. 2007.

<http://www.unifenas.br/pesquisa/revistas/download/ArtigosRev1_99/pag21-26.pdf> - Acesso em: 12 dez. 2007.

<<http://www.etg.ufmg.br/~cassia/notas1.htm>>. > Acesso em: 02 dez. 2007.