

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - ANÁLISE AMBIENTAL**

**MAPEAMENTO PEDOLÓGICO E DE SUSCETIBILIDADE
EROSIVA NO ALTO CÓRREGO PRATA (OURO PRETO-MG)**

Joyce Luiza Bonna

Belo Horizonte, 2011

Joyce Luiza Bonna

**MAPEAMENTO PEDOLÓGICO E DE SUSCETIBILIDADE
EROSIVA NO ALTO CÓRREGO PRATA (OURO PRETO/MG)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais para a obtenção do título de mestre em Geografia com ênfase em Análise Ambiental. Orientadora: Prof.(a) Dra. Cristiane Valéria de Oliveira. Co-orientadora: Prof.(a) Valéria Amorim do Carmo.

Belo Horizonte, 2011

Dissertação de mestrado intitulada “Mapeamento pedológico e de suscetibilidade erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto/MG)”, de autoria da aluna Joyce Luiza Bonna, avaliada e aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Orientadora: Prof.(a) Dra. Cristiane Valéria de Oliveira
Depto. de Geografia – IGC/UFMG

Co-orientadora: Prof.(a) Dra. Valéria Amorim do Carmo
Depto. de Geografia – IGC/UFMG

Prof. Dra. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho
Depto. de Geografia – IGC/UFMG

Prof. Raphael Bragança Alves Fernandes
Depto. de Solos – UFV

Belo Horizonte, 15 de Dezembro de 2011.

Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627 – Belo Horizonte, MG – 31270-901 – Brasil – tel.:
(031) 3409-5112 – fax (031) 3409-5490

Dedico este trabalho aos meus pais, Ildamar e Geraldo, a minha irmã Line, e a tia Ilda, que cuidou de mim com tanto carinho durante as minhas estadias em Viçosa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me presenteado com uma família incrível que me possibilitou dar mais este passo.

A mamãe, ao papai e a Line: obrigada por sempre me apoiarem e me encherem de carinho e esperança nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos e familiares, obrigada por compreenderem minha falta de tempo e acreditarem mais no meu potencial do que eu mesma, especialmente a Dani, a Maria, ao Rafa, ao Stenio e ao Thi.

Agradeço também aos meus colegas: Breno, Justine, Let, Luizão, Manu e Miguel da UFMG, a Dani Boaneres, Írio Fernando, Leandro, Paul e Renato da UFV – essa jornada não teria a mesma graça sem vocês.

A Cris e a Valéria agradeço a orientação, as críticas e acima de tudo a amizade.

Agradeço ainda o auxílio imensurável dos laboratoristas do IGC (especialmente ao “Richard”) e do Departamento de Solos da UFV (Írio Fernando, Bené, Claudinho, Luiz Fernando e Chico).

Em especial, agradeço a Thaíssa, pela revisão do texto; a Laura pela revisão do “abstract”; a Justine, a Thaísa e ao Márcio, pelas inúmeras horas gastas me ajudando na elaboração dos mapas; ao Renato, pelo auxílio em campo, em laboratório e pela amizade que nem a distância apagou; ao Broz, ao Fábio e ao Lê, “minha equipe de geologia!”.

Sem essas pessoinhas raras, esse trabalho não seria o mesmo!

*A terra ensina-nos mais acerca de nós próprios do que todos os livros.
Porque ela nos resiste (Antoine de Saint-Exupéry).*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 – Levantamento de solos	3
1.1.1 – <i>Classificação de unidades de mapeamento pedológico</i>	6
1.1.2 – <i>Tipos de levantamento pedológico</i>	7
1.1.3 – <i>Etapas do levantamento pedológico</i>	9
1.2 – Classificação pedogenética	10
1.2.1 – <i>Fatores pedogenéticos</i>	11
1.2.2 – <i>Classes de solos</i>	15
1.3 – Erosão	15
1.3.1 – <i>Erosão hídrica</i>	17
1.3.2 – <i>Condicionantes ambientais à erosão</i>	19
1.4 – Mapeamento de suscetibilidade erosiva	24
1.4.1 – <i>Etapas do mapeamento de suscetibilidade erosiva</i>	27
2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
3.1 – Levantamento de dados.....	36
3.1.1 – <i>Revisão bibliográfica</i>	36
3.1.2 – <i>Seleção e delimitação da área de estudo</i>	37
3.1.3 – <i>Definição da escala de trabalho</i>	38
3.2 – Construção de mapas	38
3.3 – Levantamento e classificação dos solos.....	40
3.3.1 – <i>Análises morfológicas</i>	40
3.3.2 – <i>Análises laboratoriais</i>	41
3.4 – Mapeamento de suscetibilidade erosiva	45
4 – LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DO ALTO CÓRREGO PRATA	50
4.1 – Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos	50
4.2 – Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos	55
4.3 – Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos.....	60
4.4 – Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos/Distróficos típicos	64
5 – SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO ALTO CÓRREGO PRATA.....	72
5.1 – Erodibilidade dos solos.....	72
5.1.1 – <i>Neossolos Litólicos</i>	72
5.1.2 – <i>Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos</i>	73
5.1.3 – <i>Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos</i>	73
5.1.4 – <i>Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos típicos</i>	77
5.1.5 – <i>Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos/Distróficos típicos</i>	78
5.2 – Influência da topografia na atuação dos processos erosivos.....	80

5.2.1 – Declividade	80
5.2.2 – Posição na paisagem	84
5.3 – Influência da ocupação do solo na atuação dos processos erosivos	86
5.3.1 – Coberturas naturais	86
5.3.2 – Coberturas antrópicas	88
5.3.3 – Solos expostos e voçorocas	94
5.4 – Mapas de suscetibilidade à erosão	100
5.4.1 – Mapa de suscetibilidade natural à erosão	100
5.4.2 – Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado à ocupação dos solos	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Representação esquemática de pedon, polipedon e perfil	4
FIGURA 2: Mapa de localização do Alto Córrego Prata	29
FIGURA 3: Geologia do Quadrilátero Ferrífero.....	31
FIGURA 4: Mapa litológico do Alto Córrego Prata.....	32
FIGURA 5: Paisagem atual do Alto Córrego Prata em Santo Antônio do Leite.....	35
FIGURA 6: Fluxograma de procedimentos metodológicos.....	36
FIGURA 7: Agitador agitação lenta.....	42
FIGURA 8: Exemplo de cruzamento das matrizes dos mapas base para o mapeamento de suscetibilidade erosiva.....	46
FIGURA 9: Área de associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico	51
FIGURA 10: Perfil de Neossolo Litólico	51
FIGURA 11: Perfil de Neossolo Regolítico (perfil 4)	52
FIGURA 12: Perfil de Cambissolo Háptico (perfil 3)	59
FIGURA 13: Perfil de Cambissolo Háptico (perfil 6)	59
FIGURA 14: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (perfil 1)	63
FIGURA 15: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (perfil 7)	63
FIGURA 16: Área de associação de Latossolos e Cambissolos dentro de uma voçoroca.....	64
FIGURA 17: Cupinzeiros constituídos por material gleizado.....	65
FIGURA 18: Voçoroca parcialmente ativa onde foi identificado Gleissolo (perfil 2)	66
FIGURA 19: Mapa pedológico do Alto Córrego Prata	71
FIGURA 20: Voçoroca com decapitação dos horizontes superficiais e exposição do horizonte C	74
FIGURA 21: Ravinamento em evolução em área de silvicultura	76
FIGURA 22: Sulco em evolução para ravina em área de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Hápticos.....	76
FIGURA 23: Voçoroca registrada em área de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Hápticos	78
FIGURA 24: Curso d'água sendo assoreado pelos sedimentos provenientes do voçorocamento	79
FIGURA 25: Mapa de declividade do Alto Córrego Prata	82
FIGURA 26: Mapa hipsométrico do Alto Córrego Prata	83
FIGURA 27: Mapa de divisão da paisagem do Alto Córrego Prata	85
FIGURA 28: Formações vegetais típicas da região de estudo.....	86
FIGURA 29: Vegetação de mata	87
FIGURA 30: Campos sujos em local onde se encontram Neossolos	88
FIGURA 31: Pastagem com processos erosivos observada na área de estudo	89
FIGURA 32: Área de cultivo agrícola sem processos erosivos aparentes.....	90
FIGURA 33: Área de cultivo agrícola com processos erosivos em atuação.....	90
FIGURA 34: Cultivo de eucalipto observado na área de estudo.....	91
FIGURA 35: Área urbana do Alto Córrego Prata.	93
FIGURA 36: Comunidade Catete	93
FIGURA 37: Solo exposto identificado no Alto Córrego Prata	94
FIGURA 38: Voçoroca ativa no Alto Córrego Prata.....	95

FIGURA 39: Voçoroca estável no Alto Córrego Prata.....	96
FIGURA 40: Parede de voçoroca revegetada por pesquisadores da UFV vista em detalhe	96
FIGURA 41: Voçoroca parcialmente ativa no Alto Córrego Prata	97
FIGURA 42: Comparação da cobertura vegetal em diferentes pontos da área de estudo em 1960 e 2011	98
FIGURA 43: Mapa de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata	99
FIGURA 44: Distribuição percentual das classes de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata	100
FIGURA 45: Mapa de suscetibilidade natural à erosão do Alto Córrego Prata	101
FIGURA 46: Distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural à erosão .	102
FIGURA 47: Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado a ocupação dos solos do Alto Córrego Prata	105
FIGURA 48: Distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural à erosão aliadas à ocupação dos solos	106
FIGURA 49: Comparação da distribuição percentual das classes de suscetibilidade à erosão com e sem a análise de ocupação dos solos	106
FIGURA 50: Variação das classes de suscetibilidade erosiva com e sem a análise de ocupação dos solos.....	107

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1: Tipos de horizontes e camadas dos solos	5
QUADRO 2: Classes de unidades de mapeamento de solos	6
QUADRO 3: Tipos de levantamento pedológico	8
QUADRO 4: Processos específicos de formação dos solos	14
QUADRO 5: Classes de solos do presentes na área de estudo	15
QUADRO 6: Unidades litoestratigráficas do Quadrilátero Ferrífero	30
QUADRO 7: Classes de relevo com base na declividade.....	39
QUADRO 8: Classes hipsométricas adotadas para o Alto Córrego Prata	39
QUADRO 9: Classes de posição na paisagem.....	40
QUADRO 10: Valoração das classes pedológicas do Alto Córrego Prata quanto à erodibilidade.....	47
QUADRO 11: Valoração das unidades de mapeamento pedológico do Alto Córrego Prata quanto à erodibilidade	47
QUADRO 12: Valoração das classes de declive quanto à suscetibilidade erosiva.....	48
QUADRO 13: Valoração das unidades de posição na paisagem quanto à suscetibilidade à erosão.....	48
QUADRO 14: Valoração das classes de ocupação dos solos quanto à suscetibilidade à erosão.....	48
QUADRO 15: Classes de suscetibilidade erosiva.....	48
QUADRO 16: Descrição Perfil 4	53
QUADRO 17: Análise dos horizontes A.....	54
QUADRO 18: Análise dos horizontes B.....	56
QUADRO 19: Descrição Perfil 3	57
QUADRO 20: Descrição Perfil 6	58
QUADRO 21: Descrição Perfil 1	61
QUADRO 22: Descrição Perfil 7	62
QUADRO 23: Descrição Perfil 2	67
QUADRO 24: Descrição Perfil 5	68
QUADRO 25: Unidades de mapeamento do Alto Córrego Prata	70
QUADRO 26: Principais características das classes de suscetibilidade natural à erosão no Alto Córrego Prata.....	103

LISTA DE SIGLAS

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
IGC – Instituto de Geociências da UFMG
IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas
SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFV – Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

O fenômeno da erosão é um processo natural de evolução da paisagem. A maior ou menor suscetibilidade de uma área a esse processo depende de uma série de fatores, dentre os quais: o clima, a vegetação, as características topográficas e a natureza do solo. Além dos fatores naturais, também têm fundamental importância os fatores de ordem antrópica, como as diferentes formas de ocupação e manejo dos solos. Visando compreender melhor os processos erosivos atuantes no Alto Córrego Prata (Ouro Preto/MG), esta pesquisa teve como objetivo investigar os diferentes tipos de solos, o tipo de relevo e os usos antrópicos para determinar a distribuição espacial da suscetibilidade erosiva na área de estudo. A partir do levantamento pedológico realizado, foi possível analisar a erodibilidade dos solos e verificou-se que a área é predominantemente constituída por Latossolos e Cambissolos de cores vermelho-amareladas, distróficos e ácidos. A área também possui Neossolos e Gleissolos, sendo esses últimos associados às planícies de inundação. Quanto à erodibilidade, apenas os Gleissolos possuem muito baixa erodibilidade e, apesar dos Latossolos normalmente terem baixa erodibilidade, particularmente na área de estudo essa foi considerada média devido, principalmente, à pequena espessura dos horizontes B desses solos. Já nos Neossolos e Cambissolos, a erodibilidade variou de alta a muito alta. A influência da topografia foi mensurada tomando como base a média dos pesos atribuídos às classes de declividade e de posição na paisagem estabelecidas para a área de estudo. A partir desses dados, verificou-se que os declives entre 8 e 45% e as áreas de vertentes são predominantes. Logo, se a suscetibilidade à erosão fosse baseada apenas na topografia, a suscetibilidade à erosão do Alto Córrego Prata variaria, em sua maior parte, de média a muito alta, resultado compatível com o mapa de suscetibilidade erosiva natural, cujo predomínio são as áreas de alta suscetibilidade. No final da pesquisa, também foi gerado um mapa de susceptibilidade erosiva resultante da análise integrada dos parâmetros naturais e antrópicos. Nesse, verificou-se que as coberturas naturais, principalmente as matas, são fundamentais para a proteção dos solos na região, pois apesar da classe de alta suscetibilidade também ser predominante nesse mapa, houve uma diminuição das classes de suscetibilidade à erosão nas áreas sob cobertura de mata.

Palavras chave: levantamento pedológico, erodibilidade dos solos, ocupação dos solos, suscetibilidade erosiva.

ABSTRACT

Erosion is a natural process of landscape evolution. The susceptibility of an area to this kind of process depends on several factors, including: climate, vegetation, topography and soil characteristics. Besides natural factors, anthropogenic interference is very important in this type of analysis, like the different forms of occupation and management of soils. To better understand erosion processes in the upper section of Prata stream (Ouro Preto/MG), this study aimed to investigate the different soil types, landforms and anthropogenic land use in order to determinate spatial distribution of erosive susceptibility in the study area. From the pedological survey, it was possible to analyze the erodibility of the local soils and concluded that in the area occur predominantly yellowish-red, dystrophic and acid Oxisols and Cambisols. The area also has Entisols and Gleysols (the Gleysols are associated with flood plains). In terms of erodibility, despite Oxisols normally show low values, particularly in the study area, its erodibility was classified as moderate, due to the small thickness of their B horizons. The erodibility of Entisols and Cambisols varied from high to very high. Only Gleysols presented very low erodibility. Topographic influences on distribution of erosive susceptibility classes were calculated by weighted mean of declivities and landforms. Declivity values between 8 and 45% and slopes were prevalent in the area. Therefore, if the erosive susceptibility classification was based only in the topography, it would vary from moderate to very high – result compatible with the natural erosive susceptibility map, in which the areas of high susceptibility are predominant. At the end of the research it was built a map of erosive susceptibility by association of natural and anthropogenic factors. Despite the class of high erosion susceptibility is also be prevalent in this map, it showed that natural thickets are essential for soil protection in the study area, since there was a decrease in the erosion susceptibility in areas under natural thickets.

Key words: soil survey, soil erodibility, occupation of land, erosive susceptibility.

INTRODUÇÃO

As características particulares do solo de uma determinada área, incluindo a sua maior ou menor propensão à erosão, são resultantes de sua interação com os elementos e processos atuantes ao seu redor, dentre os quais: o clima, relacionado principalmente à distribuição, quantidade e intensidade das chuvas; a cobertura vegetal, que tem como uma de suas funções proteger o solo dos agentes externos; as características topográficas da área e a natureza da rocha origem, relacionada a seus constituintes, características físicas e propriedades decorrentes.

A interação entre estes elementos irá resultar em diferentes tipos de solos com características morfológicas e propriedades químicas particulares. Assim, o levantamento pedológico é um tipo de estudo que visa levantar informações relativas à formação e a distribuição espacial dos solos. Para tanto, envolve a adoção de um sistema de classificação e tem como resultado a construção de uma carta de distribuição dos solos do recorte espacial analisado.

Com base nas informações obtidas no levantamento pedológico é possível fazer também a caracterização qualitativa da erodibilidade dos solos por meio de uma análise comparativa de suas propriedades, como a textura, estrutura, permeabilidade, teor de matéria orgânica e profundidade dos horizontes (RIOS & OLIVEIRA, 2000). Em suma, além de facilitar a compreensão da distribuição espacial dos solos, o levantamento pedológico de uma dada área, também nos permite analisar quais as principais propriedades desses solos que os tornam mais ou menos suscetíveis à erosão.

A erodibilidade dos solos pode ser acentuada também em função de manejos inadequados, pois ao explorar a terra sem os devidos cuidados, o homem além de retirar a cobertura vegetal, revolve a camada mais superficial do solo podendo causar a intensificação da perda de material, especialmente dos horizontes superficiais.

Portanto, apesar do fenômeno da erosão ser um processo natural de evolução da paisagem, quando antropicamente acelerado, passa a ser um processo de degradação¹ que compromete o meio ambiente e conseqüentemente, a economia e a qualidade de vida da população atingida.

¹ Perturbação negativa da qualidade ambiental cujo agente é o homem. Geralmente trata-se de uma redução percebida das condições naturais de um ambiente. Pode ser percebida em diferentes graus (SÁNCHEZ, 2008).

Desde os períodos mais remotos, a prática de queimadas para a instalação de culturas e pastagens, bem como para a produção de carvão, foram e ainda são práticas recorrentes. No Brasil, particularmente na região aurífera de Ouro Preto em Minas Gerais, não foi diferente.

Segundo Braga (2007), vários distritos de Ouro Preto surgiram em decorrência da corrida do ouro e do desenvolvimento de caminhos que ligavam Minas Gerais a outros estados como o Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás e Bahia. Estes eventos acabaram por levar a uma maior ocupação antrópica e ao desenvolvimento da agropecuária nesses distritos.

Sendo assim, a conjugação da pressão populacional pelo uso intenso dos solos, aliada às características geomorfopedológicas na região de Santo Antônio do Leite (distrito de Ouro Preto/MG), contribuíram, e ainda contribuem para que processos erosivos, inclusive voçorocas, sejam cada vez mais marcantes na paisagem (SANTOS, 2001). Apesar disso, poucos estudos pedológicos foram desenvolvidos na região, especialmente num nível detalhado.

Visando compreender melhor os processos erosivos no Distrito de Santo Antônio do Leite, especialmente no Alto Córrego Prata², esta pesquisa teve como objetivo **detalhar os diferentes tipos de solos encontrados na área de estudo e os usos associados para, a partir de então, elaborar um mapeamento da susceptibilidade erosiva.**

De maneira mais específica, essa pesquisa objetivou ampliar o nível de detalhamento do levantamento pedológico realizado em 2009 na mesma área de estudo e obter dados relativos aos processos erosivos comuns na região a fim de se identificar quais os elementos que mais contribuem para a erodibilidade desses solos.

A pesquisa poderá subsidiar futuros estudos e projetos direcionados à elaboração de planos de prevenção e controle de erosão, além de planos de recuperação das áreas cujos processos erosivos já alcançaram um estágio avançado.

Outra contribuição desta pesquisa é que ela pode vir a influenciar na maneira da comunidade lidar com o solo, pois quando há um reconhecimento das áreas mais sujeitas à erosão e movimentos de massa, torna-se possível planejar os usos e as formas de manejo do solo visando evitar que atividades indevidas continuem presentes e contribuindo para o aumento descontrolado desses processos.

² Recorte à montante da bacia hidrográfica do córrego Prata; uma das áreas mais atingidas por voçorocas no distrito de Santo Antônio do Leite.

1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Optou-se por iniciar a revisão de literatura definindo *solos*, pois esse será o principal elemento avaliado neste estudo. Entre as diversas definições de solos, a estabelecida por Santos *et al.* (2005) se apresentou bastante completa e adequada:

Corpos naturais independentes constituídos de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas e, ou, horizontes resultantes da ação de fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem (rocha, sedimentos orgânicos etc.) e numa determinada condição de relevo, através do tempo (p.1).

Como observado, os solos são um dos elementos que mais refletem as condições ambientais ao seu redor, e quanto mais tempo expostos às intempéries, mais suas características refletem esse condicionamento ambiental – através da cor, da profundidade ou de seus principais componentes e granulometria, entre outras particularidades que pode desenvolver.

A fim de tornar mais claro os procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, bem como fundamentar os processos erosivos e a relação desses com as características dos solos e usos detectados na região de estudo, foi realizada uma revisão a respeito dos temas levantamento de solos, classificação pedogenética, erosão e mapeamento de suscetibilidade erosiva.

1.1 – Levantamento de solos

O levantamento pedológico se baseia na aplicação sintética de informações pertinentes à formação e à distribuição espacial dos diferentes tipos de solos, agrupando-os segundo características e propriedades comuns e relacionadas aos aspectos do meio físico. Para tanto, envolve pesquisas de gabinete, campo e laboratório, além de remeter à realização de procedimentos de avaliação, classificação e mapeamento.

Entre as diversas finalidades dos levantamentos pedológicos está o fornecimento de dados relacionados à previsão de comportamento de uso dos solos em relação às práticas de manejo e conservação (IBGE, 1995).

Santos *et al.* (2005) sugerem que o levantamento pedológico deve se basear em três unidades básicas de referência (Figura 1):

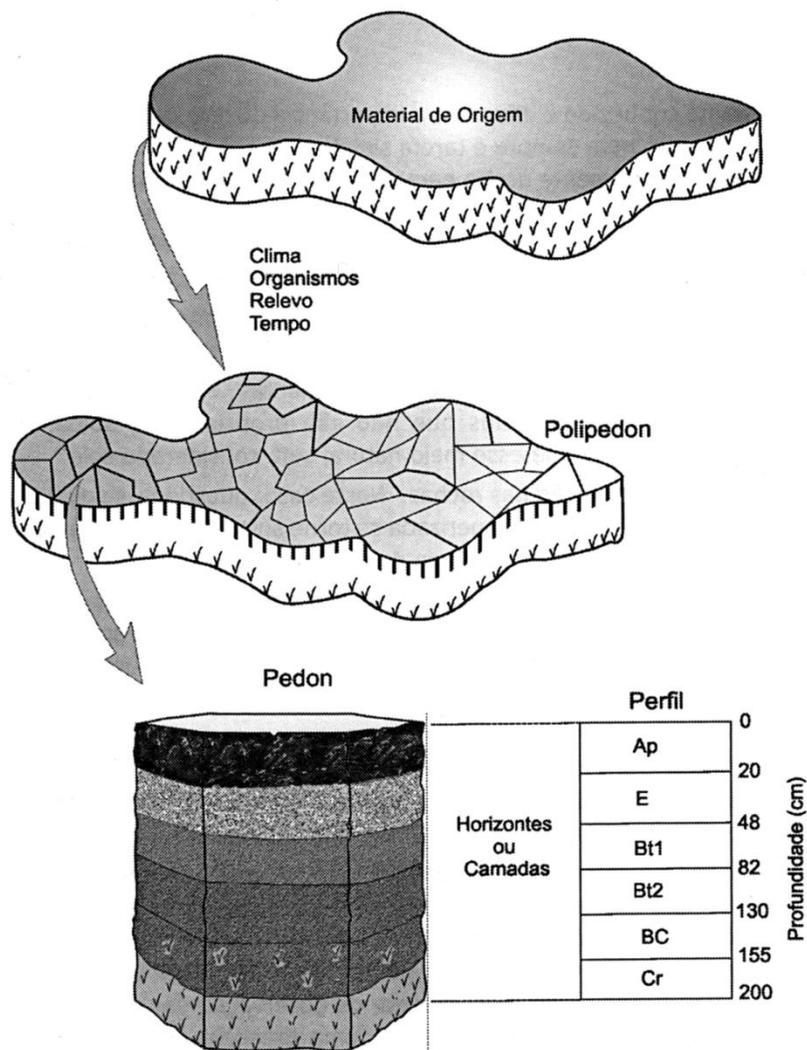


Figura 1: Representação esquemática de pedon, polipeton e perfil.
Fonte: Santos, 2005, p.2.

- a) *Pedon*: corpo tridimensional que representa o solo (SANTOS *et al.*, 2005).
- b) *Perfil*: seção vertical de um terreno constituída por uma sequência de seções mais ou menos paralelas à superfície denominadas horizontes e camadas³, bem definidas por suas

³ Enquanto as características das camadas são pouco ou nada influenciadas pelos fatores de formação dos solos, as características dos horizontes, ao contrário, são resultado dos fatores de formação (ABGE, 1998).

características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas (ABGE, 1998). Engloba a face do pedon que vai da superfície até o material de origem, portanto, todo material mais atingido pelos agentes intempéricos. É a unidade básica usada para fins de exame, descrição, coleta e estudo do solo. Para conveniência de estudo e descrição, os horizontes componentes do perfil dos solos são subdivididos em três grupos principais: A, B e C. Entretanto, devido à influência dos processos específicos de formação dos solos, outros horizontes podem ser desenvolvidos:

Quadro 1: Tipos de horizontes e camadas dos solos

Horizontes ou camadas do solo:	Características:
H	Horizonte de constituição orgânica (hístico) geralmente formado em condições de excesso de água por longos períodos ou todo o ano (ex.: veredas e várzeas); apresenta coloração escura e espessura maior ou igual a 20 cm.
O	Horizonte de constituição orgânica (hístico), formado em locais com excesso de matéria orgânica; comumente encontrados em áreas florestais; também apresentam coloração escura e espessura maior ou igual a 20 cm. A presença deste horizonte é muito instável, uma vez que a matéria orgânica é decomposta rapidamente.
A	Horizonte de constituição mineral que constitui a superfície (caracterizado como zona de lixiviação máxima, uma vez que estão mais expostos aos agentes externos). Os resíduos orgânicos soltos ou em decomposição geralmente são absorvidos e misturados com os componentes inorgânicos que formam este horizonte, logo, suas características são influenciadas pela presença da matéria orgânica decomposta. De acordo com os diferentes processos de formação, podem desenvolver características que os enquadrem em diferentes tipos de horizontes A: A chernozêmico, A proeminente, A húmico, A fraco e A moderado.
E	Horizonte de constituição mineral cujas características são marcadas pela perda de material pela qual passou, seja pelo processo de podzolização de argila ou de matéria orgânica. Essa perda é refletida na cor (mais clara) e na textura deste horizonte.
B	Horizonte de transição, ausente em muitos solos, visto que só é formado após o horizonte C. É a região de acumulação de materiais como óxidos de Fe e Al e de argilas silicatadas, materiais estes que podem ter sido arrastados pela água dos horizontes superiores ou formados no próprio horizonte B. Tem constituição mineral e suas características são marcadas pelos fatores de formação do solo, por isso é o horizonte mais importante para fins de classificação dos solos, denominado horizonte diagnóstico. Também possui variações: B textural (Bt), B plânico, B nítico, B espódico (Bh), B plíntico (Bf), B latossólico (Bw) e B incipiente (Bi).
C	Material originário não consolidado, porém, sofreu menos ação extensiva do intemperismo. Será considerado horizonte quando resultante do intemperismo do embasamento, mas pode ser camada se originário de material transportado de outros pontos e depositado sobre o embasamento.
R	Embasamento ou rocha matriz não intemperizada. Considera-se como uma camada, pois suas características não são influenciadas pelos fatores de formação do solo.

Fonte: Adaptação de informações de Buckman & Brady (1968), Toledo *et al.* (apud TEIXEIRA *et al.*, 2003), Lepsch (2002) e Embrapa (2006).

c) *Polipedon*: agrupamento de pedons semelhantes; elo de ligação entre a classe de solo e a paisagem, é o que constitui as unidades de mapeamento (SANTOS *et al.*, 2005).

1.1.1 – Classificação de unidades de mapeamento pedológico

Segundo Lepsch (2002), as *unidades taxonômicas* dos sistemas de classificação dos solos mais modernos – propriedades escolhidas com base em princípios de evolução pedogênica – são definidas em termos características do solo que podem ser observadas e medidas em campo. Como essa classificação se baseia em sequências de camadas e horizontes pedológicos, para efeito de classificação taxonômica, é necessária a determinação dos horizontes-diagnósticos, baseados mais em atributos quantificados, incluindo dados de laboratório.

O IBGE (1995) define *unidades de mapeamento* como o conjunto de áreas de solos com posições e relações definidas na paisagem. Trata-se de uma divisão que visa demonstrar cartograficamente a distribuição das unidades taxonômicas e podem ser classificadas da seguinte forma:

Quadro 2: Classes de unidades de mapeamento de solos

Tipo de unidade de mapeamento:	Características:
Simple	Constituída por uma única unidade taxonômica, pode até apresentar outras unidades taxonômicas, mas apenas como inclusões.
Associação de solos	Engloba diferentes classes de solos que podem ser separadas em um levantamento mais detalhado, mas são generalizadas/agrupadas por efeitos cartográficos práticos.
Complexo de solos	Semelhante à associação de solos, mas neste caso, não podem ser individualmente separados nem mesmo em um levantamento ultradetalhado, pois envolve solos com limites pouco nítidos entre si.
Associações complexas de solos	Trata-se de associações intrincadas a ponto de tornar impraticável a determinação da proporção de suas classes componentes.
Grupamento indiferenciado	Duas ou mais unidades taxonômicas similares que não ocorrem em associação geográfica regular como uma unidade de mapeamento.
Grupamento indiscriminado	Grupamento de solos que ocorrem em associação geográfica regular cuja delimitação, proporção e discriminação da textura, saturação por bases, atividade da argila, tipo de horizonte A, etc., dos diversos componentes da associação não são possíveis de se realizar em trabalhos de campo.
Transição	Solos que correspondem a áreas limítrofes entre distintas classes de solos.
Intermediário	Denominação para solos intergrades.
Variações	Derivações de solos, porém, pertinentes à mesma unidade taxonômica considerada.
Inclusões	Ocorrência de solos englobados em uma mesma unidade de mapeamento, ocupando menos de 20% da área da mesma.

Fonte: Adaptação de informações do IBGE (1995).

1.1.2 – *Tipos de levantamento pedológico*

Os levantamentos pedológicos são desenvolvidos e determinados de acordo com o objetivo do trabalho e o tamanho da área a ser investigada. Sendo assim, há levantamentos que envolvem grande precisão nas informações e aqueles em que a generalização é perfeitamente admitida.

Com base nas definições do IBGE (1995), complementadas pelas definições da Embrapa (2006) e Lepsch (2002), têm-se as seguintes variações de levantamentos pedológicos:

Quadro 3: Tipos de levantamento pedológico

Tipos de mapas de solos:	Escala:	Exigência de trabalho de campo:	Objetivos:
Ultradetalhado	Maior que 1:10.000. A área mínima mapeável é menor ou igual a 0,04ha. Uso de plantas e mapas topográficos em escala maior ou igual a 1:5.000.	Sim, com observações feitas em pequenos intervalos. Os limites entre as unidades do mapeamento são totalmente percorridos	Sistemas agrícolas sofisticados, áreas urbanas e industriais, projetos especiais de irrigação.
Detalhado	De 1:10.000 a 1:25.000. Áreas mapeáveis de 0,4 a 2,5 ha. Costumam englobar, no máximo, a área de um Município. Uso de mapas planialtimétricos, levantamentos topográficos e fotos aéreas em escalas maior ou igual a 1:20.000.	Sim, com observações feitas a pequenos intervalos regulares ao longo de transversais. Os limites entre as unidades do mapeamento são parcialmente percorridas.	Servem diretamente para atividades mais exclusivas, como: planejamento de propriedades agrícolas, orientação para projetos de traçado de estradas, construção de barragens de terra, escolha de áreas para disposição e tratamento de resíduos de grandes centros urbanos, florestamento, projetos conservacionistas, etc.
Semidetalhado	De 1:25.000 a 1:100.000. Áreas mapeáveis de 2,5 a 40 ha. Uso de mapas planialtimétricos, levantamentos topográficos e fotos aéreas em escalas maior ou igual a 1:60.000.	Sim, com observações feitas a pequenos intervalos ao longo de algumas transversais.	Seleção de áreas com maior potencial de uso intensivo; identificação de problemas localizados de uso e conservação de solos.
De reconhecimento	Escala intermediária entre os mapas detalhados e generalizados e esquemáticos.	De 1:100.000 a 1:750.000. Áreas mapeáveis de 0,4 a 22,5 Km ² .	Raramente são completos para detalhes. Contudo, permitem uma avaliação generalizada do potencial dos solos de uma determinada região que englobe, por exemplo, vários municípios. Embora não tenham aplicações práticas, são úteis para dar uma visão geral no início das atividades relacionadas ao planejamento do desenvolvimento de regiões pioneiras, como a seleção preliminar de áreas mais propícias à reorganização de assentamentos agrícolas.
Exploratório		De 1:750.000 a 1:2.500.000. Áreas mapeáveis de 22,5 a 250 Km ² .	
Generalizados	Escalas pequenas e de menor detalhe. As unidades cartográficas são compostas e frequente as associações de solos.	Maior ou igual a 1:2.500.000.	Informação generalizada da distribuição e natureza dos solos de um continente, país ou região.
Esquemáticos		Várias.	
Interpretativos	Várias.	Não necessariamente, podem ser preparados a partir da interpretação de mapas pedológicos.	Mostrar características específicas para indicar a adaptabilidade dos solos a diferentes sistemas de manejo. Os solos são classificados visando uma determinada finalidade de aplicação prática e mais imediata, ex.: "mapas de necessidade de drenagem", "mapa de capacidade de uso da terra", "mapas de aptidão agrícola", etc.

Fonte: Adaptação de informações do IBGE (1995), Embrapa (2006) e Lepsch (2002).

De acordo com os objetivos deste trabalho, o tipo de mapeamento que melhor se enquadra é o *levantamento detalhado*: pode ser utilizado para o planejamento de atividades agrícolas; seleção de áreas com maior potencial de usos e construções; identificação de problemas locais, como processos erosivos; bem como direcionar projetos conservacionistas a serem realizados na região.

1.1.3 – Etapas do levantamento pedológico

Segundo Ranzani (1969) há quatro etapas fundamentais para se desenvolver um levantamento de solos:

a) Identificação das características de cada solo

Essa etapa pode se basear tanto em informações colhidas em campo quanto laboratoriais, dependendo do objetivo do levantamento a ser realizado. A identificação das características de solos em campo consiste basicamente na descrição de seus horizontes e/ou camadas. Para a realização de estudos mais detalhados é recomendável a coleta de amostras para serem analisadas em laboratório.

b) Classificação de unidades

É a organização dos conhecimentos a respeito dos solos e da sua área de ocorrência no ambiente físico. É fundamental que se considere os aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos e fitogeográficos da área estudada, pois trata-se de fatores interdependentes na natureza, de modo que mudanças em um deles podem repercutir nos outros (CHRISTIAN & STEWART, 1968).

c) Mapeamento das unidades

O mapa é o modo de apresentação gráfica da distribuição de um determinado aspecto geográfico (SANTOS, 2004). No caso de mapas pedológicos, identificam-se os solos existentes

em determinada área e adota-se uma forma de representação (ex.: agrupados, associados ou separados) que se julgue mais adequada, uma vez que a delimitação dos solos nem sempre é clara:

As manchas dos “corpos de solos” (ou “unidades de mapeamento”) que aparecem nesses mapas raramente têm limites rígidos. É muito frequente um solo dar lugar gradualmente a outro, sendo mais comum haver uma faixa do que uma linha de transição. Por outro lado, muitas vezes, não é possível delimitar nos mapas as unidades de um único tipo de solo, quando ocorrem em padrões intrincados ou repetitivos, tornando-se praticamente impossível separá-los. Neste último caso é mostrada no mapa uma área denominada associação de solos [...]. (LEPSCH, 2002, p.82).

Essa etapa de mapeamento das unidades pode se basear em trabalhos de campo e atividades em escritório, como a interpretação de imagens aéreas que auxiliam no planejamento do campo na fase de seleção dos locais de descrição dos solos, optando, por exemplo, pelos locais em que o solo já se encontra exposto (voçorocas e taludes de corte em estradas).

d) Interpretação

Essa etapa consiste em extrair as informações relevantes dos dados obtidos no levantamento pedológico. Lembrando que as interpretações devem ser focadas no propósito da pesquisa e serem expressas buscando a maior simplicidade de expressão, mas sem afetar a exatidão necessária (CLEVELAND *apud* SANTOS, 2004).

1.2 – Classificação pedogenética

A classificação pedológica é essencial para o direcionamento das ações humanas sobre os solos, como as formas de uso e manejo mais adequadas e menos danosas ao meio ambiente. Entretanto, não é uma tarefa fácil, uma vez que os solos formam um meio contínuo ao longo do relevo, mas a passagem de um tipo a outro se faz de forma gradual, dificultando a delimitação entre os vários tipos de solos (TOLEDO *et al.*, *apud* TEIXEIRA, 2003).

A classificação de solos pode se basear em diferentes critérios. No Brasil, adota-se a classificação estabelecida pela Embrapa (2006), que elege os fatores de formação dos solos como os principais critérios para a delimitação de classes pedológicas.

Para a melhor compreensão da classificação brasileira de solos, realizou-se uma breve revisão sobre os processos e agentes de formação dos solos.

1.2.1 – *Fatores pedogenéticos*

A formação dos solos envolve quatro processos gerais: *adição*, que pode ser de matéria ou energia; *remoção*, cujo principal agente é a água, através da lixiviação⁴, bem como os processos erosivos; *transporte* ou realocação de material dentro do perfil, que pode ser ascendente (ex.: realizado pela água sob efeitos da capilaridade⁵) ou descendente (ex.: água sob efeitos da gravidade); e por fim, a *transformação*, reações químicas que podem ocorrer tanto com os minerais primários gerando minerais secundários (quimicamente rearranjados), quanto com a matéria orgânica gerando húmus (RESENDE *et al.*, 2007).

Os solos são constituídos por materiais não consolidados, de modo que o *intemperismo* é essencial para sua formação, pois tem o poder de decompor e desintegrar as rochas, bem como outros materiais expostos aos agentes externos.

Nos estágios iniciais da formação dos solos, as características da massa que se forma são quase que inteiramente as mesmas existentes no material originário, portanto, solos em estágios evolutivos iniciais são rasos e têm muito das características litológicas herdadas da rocha matriz. Mas quando os agentes externos passam a atuar, o perfil do solo vai se consolidando e adquirindo características determinantes de suas propriedades (BUCKMAN & BRADY, 1968).

Cabe lembrar que ao mesmo tempo em que atuam os agentes formadores do solo, agentes destrutivos, como os processos erosivos, também podem estar presentes, interferindo no desenvolvimento do perfil do solo.

Relacionados às forças intempéricas, cinco fatores, descritos a seguir, influenciam também na formação e no desenvolvimento dos solos gerando diferentes combinações que contribuem para a distinção dos solos e, portanto, interferindo na classificação dos mesmos.

⁴ Genericamente trata-se da perda de material solubilizado na água.

⁵ Fenômeno físico resultante das interações entre as forças de adesão e coesão da molécula de água. Graças à capilaridade, a água desliza através das paredes de tubos ou desliza por entre poros de materiais, como as partículas que compõem o solo.

O *clima* é um fator ativo essencial no desenvolvimento do solo, posto que a temperatura e a umidade influenciam profundamente na intensidade dos processos físicos e químicos, logo, determinam, em grau extensivo, a natureza do intemperismo (BUCKMAN & BRADY, 1968).

A temperatura contribui para processos de expansão e retração das rochas, bem como influencia diretamente na velocidade das reações químicas e biológicas, de modo que quanto mais elevada à temperatura, mais aceleradas são essas reações. Já a adição de água ao ambiente gera processos como a hidrólise e a lixiviação, entre outros.

Devido à influência climática, geralmente o horizonte A das áreas tropicais são pouco espessos mesmo sob uma vegetação exuberante, pois a alta temperatura a disponibilidade de água acelera o processo de decomposição não permitindo acúmulo de matéria orgânica.

De forma semelhante, os *organismos vivos* funcionam como fatores ativos, pois adicionam matéria (ex.: ácidos orgânicos) e energia ao solo. Assim, além do processo de adição, determinados animais são os responsáveis pela homogeneização do solo e decompõem materiais orgânicos auxiliando na formação do húmus.

Lepsch (2002) complementa que os produtos da decomposição também promovem a união das partículas primárias do solo, ajudando na formação de agregados que compõem a estrutura do solo.

Quanto à cobertura vegetal, a penetração do seu sistema radicular no solo, a pressão gerada pelo próprio crescimento e as suas excreções orgânicas aceleram o intemperismo. Em contrapartida, age como moderadora das influências climáticas e ameniza a atuação de processos erosivos.

Já a natureza do *material de origem* funciona como um fator controlador, em que a composição química e a estrutura do material originário, além de influenciar características como textura, cor e fertilidade, determinam a maior ou menor resistência do solo à erosão⁶.

Buckman & Brady (1968) destacam que, muitas vezes, a composição química e mineralógica do solo não só determinam a eficácia das forças do intemperismo, mas também a vegetação natural que irá se desenvolver sobre o solo.

A *topografia* também funciona como fator controlador, podendo acelerar ou retardar o trabalho das forças climáticas, em outras palavras, controla a taxa de pedogênese sobre a taxa de

⁶ Resende *et al.* (2007) afirmam que se o solo for muito argiloso e apresentar-se muito friável (desmanchar com facilidade sob qualquer teor de água), então ele deve ter altos teores de agentes desorganizadores.

erosão. Deste modo, nas áreas mais planas a pedogênese tende a ser maior que a erosão, logo, mais profundos serão os solos formados, e em áreas de relevo mais movimentado, menor é a pedogênese, e mais rasos serão os solos (dependendo da declividade, nem mesmo chegam a formar solos).

Por fim, também é relevante o fator passivo *tempo*, período em que os materiais de origem tenham sido submetidos ao intemperismo e aos agentes externos (BUCKMAN & BRADY, 1968).

Influenciados pelos fatores de formação dos solos, alguns solos passam por processos específicos de formação que também são essenciais na determinação de suas características e, por conseguinte, em sua classificação.

No Quadro 4 foram descritos os processos específicos mais ocorrentes no Brasil, sendo que, especificadamente na região de estudo, os mais atuantes são o hidromorfismo e a latossolização.

Quadro 4: Processos específicos de formação dos solos

Processo:	Características:	Solos decorrentes:
Hidromorfismo	Comum em solos submetidos ao excesso de água durante quase todo o ano. O excesso de água torna o ambiente redutor, transformando o Fe^{3+} em Fe^{2+} , o que por sua vez torna o solo gleizado ⁷ , exceto na superfície, onde a elevada quantidade de água favorece a diminuição da decomposição da matéria orgânica e esta é acumulada, adquirindo uma coloração mais escura. Solos submetidos ao hidromorfismo geralmente possuem horizonte hístico ou orgânico (H ou O) e não possuem horizonte B, pois o excesso de água impede a evolução do solo. Solos submetidos a este processo também podem apresentar mosqueados, que são “manchas” resultantes da reoxidação do ferro.	Organossolos e Gleissolos
Podzolização de argila	Ciclos de umedecimento e secagem tornam a argila dispersa, fato que associado ao seu tamanho coloidal, facilita o seu transporte pela água dos horizontes superiores (A ou E) para os inferiores (B), onde é depositada na superfície dos agregados, o que por sua vez, diminui o espaço livre dos poros neste horizonte e consequentemente a taxa de infiltração no mesmo, tornando esse solo mais erodível.	Argissolos, Nitossolos, Luvissolos e Planossolos
Podzolização de húmus	O transporte de húmus é muito comum em solos arenosos, pois tem tamanho muito pequeno e é facilmente transportado quando não está formando complexos organo-minerais (união húmus e argila). A água retira o húmus do horizonte A e o deposita no horizonte B, que adquire uma coloração escura e é denominado de B espódico (Bh).	Espodossolos
Latossolização	Ambientes com disponibilidade de água associados com temperaturas elevadas e em locais de drenagem livre (sem encharcamento), permitem que o solo se desenvolva, ficando espessos e homogêneos, tendo uma boa capacidade de armazenar água, e uma taxa de infiltração elevada.	Latossolos
Halomorfismo	O acúmulo de água no contato do solo com a rocha permite que os sais desprendidos da rocha solubilizem-se em água sem serem lixiviados em locais onde a evapotranspiração é bem maior que a precipitação e os solos são mais rasos. Há, portanto, uma potencialização dos efeitos da temperatura possibilitando o transporte ascendente de sais conjuntamente com a água (por efeito de capilaridade) e estes passam a se precipitar na superfície. Os solos formados por esse processo são bastante pontuais e com baixíssima utilidade, pois apresentam uma série de problemas quanto ao uso devido ao teor de sais muito elevado.	Não fazem parte de uma classe específica, ganham apenas o adjetivo de <i>salinos</i> .
Calcificação	Semelhante ao halomorfismo, também ocorre em solos rasos e cuja evapotranspiração é muito maior que a precipitação, mas neste caso trata-se de solos em que o material de origem é o calcário ou que possui alto teor de carbonatos de cálcio e magnésio. Logo, há a solubilização basicamente de Ca, Mg e CO_3 . Parte deste material dissolvido ascende com a água e se recristaliza ao longo do perfil do solo, especialmente no horizonte A, pois há uma afinidade entre o Ca e a matéria orgânica devido a diferença de cargas entre eles. Como resultado, forma-se um horizonte A, muito fértil, com alto teor de matéria orgânica e muito escuro, denominado de A chernozêmico. São solos com uma produtividade muito elevada no período chuvoso ou quando a irrigação é realizada.	Chernossolos

Fonte: Adaptação de informações de Resende *et al.*, 2007.

⁷ O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila ou ainda a precipitação de compostos ferrosos (EMBRAPA, 2006).

1.2.2 – Classes de solos

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) abrange treze classes pedológicas. Todavia, o levantamento pedológico previamente realizado no Alto Córrego Prata por Bonna (2009), constatou a presença de quatro classes de solos descritas no Quadro 5.

Quadro 5: Classes de solos presentes na área de estudo

Classes:	Características:
Neossolos	Solos pouco evoluídos com ausência de horizonte B, em via de formação devido à insuficiência de manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação; predominam as características herdadas do material de origem; não ocorrem em locais com excesso de água. Essa classe de solos subdivide-se em subclasses como: Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Neossolo Quartzarênico e Neossolo Flúvico.
Gleissolos	Engloba solos hidromórficos expressos por forte gleização conjugada à caracterização de horizonte subsuperficial glei. Geralmente, são encontrados juntamente com Organossolos, mas, ao contrário destes, nem sempre há a presença de horizonte hístico.
Latossolos	Solos altamente evoluídos com expressiva atuação do processo de latossolização; apresentam B latossólico (Bw), são ricos em argilominerais 1:1 e oxi-hidróxicos de Fe e Al.
Cambissolos	Classe que engloba solos pouco desenvolvidos com a presença do horizonte B incipiente (Bi), ou seja, solos em que o processo de formação não foi suficientemente atuante para determinar características específicas no horizonte B. Envolve uma série de solos bastante heterogêneos que não se encaixam em nenhuma característica muito específica como nas outras classes de solos.

Fonte: Adaptação de informações de Embrapa (2006).

Conforme já citado anteriormente, cada classe de solo possui características próprias que lhe conferem maior ou menor susceptibilidade à erosão. Assim, para que se compreenda a erodibilidade de cada uma dessas classes de solos registradas na região de Santo Antônio do Leite (MG), faz-se necessário uma breve revisão a respeito das principais formas de erosão, especialmente aquelas atuantes na área de estudo, as erosões hídricas.

1.3 – Erosão

A erosão é um processo natural que envolve as seguintes etapas: remoção de partículas, transporte e deposição lenta ou acelerada dos materiais, sejam eles constituídos por materiais rochosos, solos ou depósitos superficiais inconsolidados.

Quanto à natureza, os processos erosivos podem ser divididos em:

a) Erosão geológica ou natural

A superfície terrestre não é estática e desde tempos mais remotos que rios, ventos, geleiras e enxurradas deslocam, transportam e depositam continuamente as partículas do solo. Por intermédio desse processo é que foram esculpidos vales e depositados os deltas dos rios. Em condições naturais, o ciclo do desgaste erosivo é equilibrado pela renovação/formação dos solos (ABGE, 1998 & LEPSCH, 2002).

b) Erosão antrópica

Quando o homem cultiva a terra para o seu sustento, o equilíbrio pode ser rompido, uma vez que na maior parte dos sistemas de cultivo, é preciso retirar a cobertura vegetal natural e revolver a camada mais superficial dos solos. Quando essas operações são efetuadas sem o devido cuidado, apressam a remoção dos horizontes superficiais numa intensidade superior à da formação do solo, não permitindo a recuperação natural da paisagem.

Além dos agricultores – madeireiros, lenhadores, carvoeiros e mineradores – também contribuem para a destruição de florestas, facilitando os processos erosivos (LEPSCH, 2002 & DAEE, 1989).

Os processos erosivos também podem ser divididos quanto ao agente transportador:

a) Erosão eólica

Caracterizada pela remoção e a deposição do solo pelo vento, é significativa quando o solo se encontra em uma situação rarefeita de proteção.

b) Erosão glacial

Ocorre quando as águas das chuvas que penetram entre as rochas congelam quando em condições de temperaturas muito baixas – isso porque a água no seu estado sólido ocupa mais

espaço que quando líquida, sendo assim, essas águas congeladas passam a exercer maior pressão sobre as rochas que acabam fraturando. Outra forma de erosão glacial ocorre quando os blocos de gelo se desprendem de geleiras, deslizam pelas encostas e acabam desgastando as rochas, mas vale destacar que esse tipo de erosão não ocorre no Brasil, já que não há geleiras no país.

c) Erosão hídrica

Consiste na remoção e no transporte dos horizontes pela ação da água, principalmente os horizontes superficiais. Apesar da erosão hídrica ser presente em praticamente todo o Brasil, ela é particularmente importante nas regiões de Domínio Tropical Úmido, como no caso do distrito de Santo Antônio do Leite (Ouro Preto/MG), porque nesses locais é muito comum problemas erosivos desencadeados pela ação do escoamento superficial e subsuperficial, ou ainda pela ação gravitacional (movimentos de massa) diante do decréscimo de resistência dos materiais sob saturação ou próximos à saturação em água (COELHO NETTO, 1998).

Diante do fato da erosão hídrica ser muito atuante na região de estudo, optou-se por aprofundar na sua caracterização. Mas cabe ressaltar que outras formas de erosão também são atuantes na área, visto que se trata de uma região de clima quente e úmido, além de exposta a ação dos ventos.

1.3.1 – Erosão hídrica

A erosão hídrica se processa da seguinte forma: a desagregação das partículas de solo é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva (erosão em *splash* ou erosão por salpicamento⁸), quanto pelas águas que escorrem na superfície. Após a desagregação, dependendo do tamanho das partículas⁹, grande quantidade de partículas suspensas na água é transportada, removendo uma relativa quantidade de solo. Além da erosão em *splash*, três tipos principais de erosão hídrica são reconhecidos:

⁸ Promove a ruptura dos agregados do solo e os transforma em materiais mais finos que, além de serem facilmente transportados, preenchem os poros da camada superficial do solo, dificultando a infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial e, conseqüentemente, à erosão (GUERRA & CUNHA, 2005).

⁹ Devido seu pequeno porte, a argila, o silte e a matéria orgânica são as partículas mais facilmente carregadas pela água (LEPSCH, 2002).

a) Erosão laminar

Quando o solo está saturado, a capacidade de infiltração da água é excedida, inicia-se um processo de escoamento superficial (GUERRA & CUNHA, 2005) e/ou o próprio fluxo difuso da água pluvial sobre o solo é capaz de remover uma camada fina e contínua do solo. É um tipo de desgaste que pode ocorrer mesmo em terrenos com inclinações pequenas, porém, devido à dificuldade de ser detectado, quando o é, parte do horizonte A geralmente já foi carregado (LEPSCH, 2002).

b) Erosão em sulcos e ravinas

Esse tipo de erosão resulta de irregularidades na superfície do solo que geram canais preferenciais de escoamento da água e que formam pequenas incisões na superfície do terreno sob a forma de sulcos que podem evoluir por aprofundamento para ravinas. É um tipo de erosão facilmente detectada (ABGE, 1998).

c) Voçorocas

É o estágio mais avançado e complexo de erosão e, portanto, mais difícil de ser contido. Pode envolver uma série de processos como: à passagem gradual da erosão laminar para erosões em sulco e ravinas, as quais têm suas dimensões aumentadas; a ação das águas subterrâneas também é uma das causas do desenvolvimento lateral e a remontante das voçorocas; pipings¹⁰, etc. (ABGE, 1998). As voçorocas ainda podem evoluir a partir de movimentos de massa, tais como antigos deslizamentos de terra através do escoamento subsuperficial concentrado na cicatriz do deslizamento (BRAGA, 2007).

Tais processos são condicionados pelo fato de esta forma erosiva geralmente atingir em profundidade o lençol freático, induzindo o aparecimento de surgências d'água (DAEE, 1989), o

¹⁰ Processo erosivo subsuperficial, descrito pela formação de túneis/dutos ou vazios no interior do solo que podem levar ao colapso da superfície situada acima (GUERRA & CUNHA, 2005). São normalmente provocados pela dissolução, dispersão e arraste de partículas de solo, relacionadas às condições hidráulicas e geoquímica dos solos (SANTOS, 2001).

que pode inclusive facilitar a contaminação dos recursos hídricos. Entre as causas deste tipo de erosão, cita-se que:

A evolução dos sulcos para voçorocas é normalmente causada por aradura, semeadura e cultivo alinhados no sentido morro abaixo, que facilita o arraste do solo. Também a pecuária, com animais trilhando em direção da maior inclinação da encosta, e estradas mal planejadas podem concorrer para a formação de voçorocas. (LEPSCH, 2002, p.157).

A ocorrência de voçorocas está intimamente relacionada com o ambiente que a cerca, principalmente o relevo, o tipo de solo e a cobertura vegetal. De acordo com a Embrapa (2008), um aspecto importante a ser considerado a respeito do desenvolvimento de voçorocas é a profundidade do horizonte C. Em locais onde esses horizontes são muito profundos e os horizontes superficiais menos desenvolvidos, a decapitação dos horizontes superficiais em alguma parte da encosta, acaba por expor o horizonte C e como esse geralmente não é estruturado, os processos erosivos ocorrem de modo acelerado.

Este tipo de feição, “rasgos” disseminados nas encostas, pode atingir a profundidade de dezenas de metros e até centenas de comprimento, indicando a perda total do solo – o que constitui um altíssimo índice de degradação da superfície da terra, impedindo a realização de atividades humanas de fundamental importância, como usos agrícolas e urbanos.

1.3.2 – Condicionantes ambientais à erosão

A maior ou menor suscetibilidade de uma área à erosão depende de uma série de fatores condicionantes, dentre os quais se destacam:

a) Clima

Relacionado principalmente a distribuição, quantidade e intensidade das chuvas. Quanto mais intensas as chuvas, menos tempo os solos terão para que a água infiltre, logo, formam-se aguaceiros e enxurradas intensificadoras da erosão laminar ou em lençol, bem como a água das chuvas podem vir a se concentrar em canais preferenciais que, ao longo do tempo, podem gerar sulcos, evoluir para ravinas e até voçorocas.

A quantidade total de chuva distribuída também é de fundamental importância, pois mesmo que uma chuva não seja intensa, se ela durar um período de tempo muito longo, pode

tornar o solo saturado e provocar processos erosivos e movimentos de massa, como colapsos e escorregamentos.

b) Cobertura vegetal

A cobertura vegetal tem como uma de suas principais funções proteger o solo dos efeitos da chuva. Ao encontrarem uma barreira, as gotas de chuva perdem velocidade gotejando mais lentamente no solo, bem como têm mais tempo para infiltrar, diminuindo o escoamento superficial da água.

Também é importante que a cobertura vegetal englobe estratos vegetais de diversos tamanhos, podendo diluir a energia da chuva em diferentes alturas. Ao reter em suas estruturas parte da água das chuvas, a vegetação também contribui para que parte da água evapore antes mesmo de chegar à superfície, dissipando parte da energia e intensidade das chuvas, e amenizando, por exemplo, os efeitos erosivos da erosão em *splash* (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Além disso, a cobertura vegetal permite o aumento de matéria orgânica e húmus resultando em solos mais porosos (BUENO, 2009). As raízes das plantas podem gerar canais nos solos e também torná-los mais porosos. A maior porosidade facilita a infiltração da água nos solos, logo, reduz o escoamento superficial e, conseqüentemente, os processos erosivos associados a esse, como a erosão laminar.

A vegetação também ameniza os efeitos da erosão sub-superficial acelerada através da redução do fluxo interno, da estruturação do solo e da redução da velocidade do fluxo pelas raízes (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006).

c) Características topográficas

A *declividade* do terreno influencia na concentração, na dispersão e na velocidade da enxurrada e, em consequência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo (LEPSCH, 2002). De modo que em terrenos planos ou levemente inclinados, a água das chuvas tende a escoar com menor velocidade e tem mais tempo para infiltrar no solo.

Como exemplo da influência da declividade, pode-se citar que em vertentes com declividades superiores a 20%, a formação de solos é retardada uma vez que a água é dispersa mais rapidamente, conseqüentemente, menos desenvolvidos e mais rasos são esses solos. Portanto, são também menos utilizados para fins agrícolas, o que contribui para que sejam menos atingidos pela erosão de origem antrópica. Em contrapartida, a maior quantidade de material perdido por erosão ocorre em áreas de relevo ondulado – áreas em que há uma declividade que já começa a ser atuante, mas essa não impede a intensa utilização pelo homem.

O *comprimento de rampa* também influencia nos processos erosivos de uma vertente, pois quanto maior a rampa, maior é a quantidade de água que passa sobre ela e, na medida em que essa água escoar, adquire mais velocidade e força favorecendo ação erosiva dos solos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Quanto à *forma da vertente*, áreas convexas são dispersoras e áreas côncavas são receptoras ou acumuladoras de materiais (água, sedimentos, dentre outros).

d) Manejo do solo

O modo como a terra é manejada também é um fator condicionante de uma maior ou menor propensão aos processos erosivos, visto que a desagregação e o transporte das partículas podem variar de acordo com o sistema de cultivo empregado no solo. Como exemplo, Lepsch (2002) cita que solos com culturas sazonais ou anuais (ex.: milho, algodão e soja) são mais expostos à erosão que cultivos com plantas perenes (ex.: seringueira, laranjeira e café) ou semiperenes (ex.: cana-de-açúcar), porque ao contrário das plantas perenes ou semiperenes, essas culturas exigem que o solo seja periodicamente revolvido, o que torna esse mais exposto às intempéries. Por isso afirma-se que toda atividade agropecuária deve aplicar práticas conservacionistas com vistas a proteger o solo.

e) Natureza do solo

Dependendo dos constituintes dos solos, suas características físicas e propriedades decorrentes – das quais destacam a permeabilidade, a estrutura, a textura e a profundidade – alguns solos podem ser mais suscetíveis à erosão.

A *permeabilidade* é a propriedade do material (solo ou rocha) de se deixar atravessar pela água, logo, está ligada a *porosidade* do material e depende tanto do tamanho dos poros, quanto da conexão entre eles. Materiais argilosos, por exemplo, apesar de possuírem alta porosidade, geralmente são mais impermeáveis, pois seus poros são muito pequenos, o que dificulta a passagem da água que acaba por ficar aprisionada nesses poros. Enquanto que em materiais rochosos e sem porosidade, a permeabilidade pode ser elevada devido à abundância de fraturas abertas e interconectadas. (KARMANN *apud* TEIXEIRA, 2003).

A porosidade pode ser aumentada por inúmeros fatores como a atividade de organismos presentes no solo, pelas raízes das plantas, e também pode ser reduzida pelo uso de máquinas, pela compactação humana e de animais (SELBY, 1985, p.607).

A *estrutura* é um fator extremamente importante quanto à permeabilidade do solo, pois ao se destruir a estrutura do solo, os poros mais afetados são os poros maiores que 0,06 mm e que permitem a movimentação da água no solo, conseqüentemente, determinam a taxa de infiltração (KER *et al.*, 1997). Logo, solos bem estruturados são mais porosos.

A estruturação do solo é condicionada pela presença de elementos agregantes como: argilas, matéria orgânica, óxidos de Fe e Al (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006). A presença desses elementos e a proporção com que ocorrem nos solos influenciam diretamente na formação dos agregados e nas suas características, tais como forma, tamanho, estabilidade e grau de desenvolvimento, bem como na permeabilidade do material.

O conteúdo de matéria orgânica, por exemplo, é de grande importância no controle da erosão. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), a matéria orgânica:

Nos solos argilosos, modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água, o que é explicado pelas expansões e contrações alternadas que redundam de seu umedecimento e secamento sucessivos. Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção de água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes seu peso em água, aumentando assim a infiltração, o que resulta uma diminuição nas perdas por erosão. (p.62).

A estabilidade da estrutura também é altamente influenciável pelas atividades humanas que alteram a disponibilidade dos elementos¹¹ que auxiliam na formação de agregados e/ou os destroem através da compactação do solo, com o uso de animais e maquinaria pesada.

A *textura* interfere nos processos erosivos na medida em que algumas frações granulométricas do solo são removidas com maior facilidade (BUENO, 2009). Apesar das partículas menores exigirem maiores velocidades críticas de erosão devido às forças de coesão entre elas, as texturas siltosas e arenosas finas favorecem a erosão, uma vez que não apresentam a coesão das argilas e nem a permeabilidade e o diâmetro das areias médias e grossas (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006).

Quanto mais arenoso o solo, mais soltas são as partículas, logo, essas são removidas mais facilmente pelo escoamento superficial e menor é a retenção de umidade, sendo assim, nem todo tipo de vegetação consegue se adaptar e se fixar em solos arenosos, o que pode torná-lo ainda mais suscetível à erosão.

Solos ricos em silte também são facilmente erodidos, porque o silte é uma partícula muito fina, instável e que dificulta a estruturação do solo. Solos desse tipo possuem baixa permeabilidade já que suas partículas são muito pequenas e tendem a ficar encaixadas, dificultando a passagem da água e facilitando os processos erosivos.

Nos solos argilosos, apesar da infiltração tender a ser menor devido a sua menor permeabilidade, a argila tem maior capacidade de formar agregados, logo, são solos mais estáveis e com maior resistência à erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Quanto à *profundidade*,

[...] solos rasos são mais erodíveis que os profundos, porque neles a água da chuva acumula-se acima da rocha ou camada adensada, que é impermeável, encharcando mais rapidamente o solo, o que facilita o escoamento superficial e, conseqüentemente, o arraste do horizonte superficial (LEPSCH, 2002, p.158).

Lepsch (2002) acrescenta ainda que a *fertilidade* do solo também influencia na erodibilidade dos solos, visto que um bom desenvolvimento das plantas lhe propicia melhor proteção.

¹¹ Exemplo: quando o homem retira ou modifica a cobertura vegetal do solo, altera a disponibilidade de matéria orgânica – na maior parte das vezes, há uma diminuição no teor de matéria orgânica nos solos cultivados.

A *quantidade de matéria orgânica* também é fundamental, uma vez que auxilia na agregação de partículas, melhorando a estrutura do solo, facilitando o fluxo de ar e a retenção de água, entre outros benefícios que gera para o solo (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006).

1.4 – Mapeamento de suscetibilidade erosiva

A suscetibilidade natural à erosão corresponde à possibilidade de ocorrência de um processo erosivo em razão das condições naturais do meio físico. Portanto, as cartas de suscetibilidade erosiva, também denominadas por alguns autores de cartas geotécnicas, refletem o conjunto das características naturais dos terrenos que comandam o desenvolvimento dos diferentes tipos de processos erosivos (CANIL, 2001). Segundo Silva *et al.* (2003), essas cartas são uma representação gráfica das limitações e potencialidades do meio físico.

Mas quando se trata de uma área em que há atuação do homem, além das condições físicas naturais do meio, a propensão do solo à erosão também passa a ser influenciada pelas interferências antrópicas.

Para Lopes *et al.* (2003), um mapa de suscetibilidade erosiva corresponde a um mapa geológico-geomorfológico temático que representa os componentes do ambiente geológico de significância para o planejamento do uso e ocupação dos solos. Segundo Bitar (1995), a carta geotécnica também pode ser definida como uma representação prática do conhecimento geológico aplicado à gestão de problemas causados pelo uso e ocupação dos solos e que permite ao usuário prever as interações entre ocupação e meio físico, além de orientar medidas preventivas e corretivas para minimizar riscos ambientais relativos ao mau uso do solo.

Em outras palavras, a carta de suscetibilidade erosiva está ligada à geologia local e é uma importante ferramenta para melhor planejar as formas de uso e ocupação dos solos, a fim de diminuir os impactos negativos no ambiente, e conseqüentemente, ocasionar menores danos ao homem.

Muitos mapeamentos de suscetibilidade erosiva utilizam como metodologia a correlação de parâmetros que possam influenciar a propensão aos processos erosivos em uma determinada área. Na região do Alto Córrego Prata, acredita-se que os elementos que mais influenciam na propensão do solo à erosão são:

a) Tipo de solo

Conforme melhor detalhado no item “*Condicionantes ambientais à erosão*”, a erodibilidade dos solos varia bastante em função de suas características¹², inclusive porque cada solo possui uma maior ou menor aptidão de uso e, quando essa não é respeitada ou quando práticas de manejo e conservação não são realizadas, o solo pode ser fortemente degradado (EMBRAPA, 2008).

b) Embasamento geológico

Infanti Jr. & Fornasari Filho (2002) destacam que as características litológicas associadas à intensidade do intemperismo, o grau de alteração e fraturamento do substrato rochoso, influenciam na suscetibilidade do material à erosão.

Particularmente na área de estudo, a litologia é praticamente invariável, pois essa se encontra inserida quase que completamente no domínio do Complexo Bação¹³. Diante disso, o embasamento geológico não será considerado um parâmetro de peso no mapeamento de suscetibilidade erosiva. Mas, uma vez que a litologia influencia no tipo de solo formado, será analisado de forma indireta, isto é, a partir da avaliação das classes pedológicas verificadas na área de estudo.

c) Características do relevo

Como citado anteriormente, com base em Lepsch (2002) e em Bertoni & Lombardi Neto (1999), a morfologia do relevo somada a declividade influencia diretamente nos processos erosivos atuantes sobre o substrato como, por exemplo, na definição das principais áreas de remoção e deposição de sedimentos e a velocidade com que esses processos ocorrem.

Em síntese, áreas mais declivosas e com rampas mais extensas tendem ser mais suscetíveis à erosão, pois estes fatores contribuem para o aumento da força de retirada e transporte dos sedimentos.

¹² Exemplo: principais constituintes (ex.: presença de elementos que favorecem a agregação do solo como a matéria orgânica) e características físicas (ex.: permeabilidade, porosidade, estrutura, textura, profundidade).

¹³ Ver Figura 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** exposta no tópico de caracterização da área de estudo.

d) Cobertura vegetal e ocupação dos solos

A vegetação tem como uma de suas principais funções proteger o solo dos impactos das chuvas e amenizar os efeitos do escoamento superficial, uma vez que além de recobrir o solo, favorece a estruturação e o aumento da porosidade do mesmo. Entretanto, nem sempre o solo se encontra coberto pela vegetação original.

As informações relativas às formas de uso e ocupação do solo são relevantes para se inferir o modo como essas intervenções que retiram a cobertura vegetal natural podem desencadear ou acelerar os processos erosivos. Silva *et al.* (1995) expõem de forma bastante abrangente como a ação antrópica pode ser eficiente no desencadeamento desses processos:

A ação antrópica faz do homem um agente preparatório de excepcional eficácia na ativação dos processos de erosão; a remoção da cobertura vegetal expõe o solo ao impacto direto da chuva, retira-lhe a proteção proporcionada pela trama de raízes, submete-o a insolação intensa, responsável por importantes mudanças estruturais consequentes dos repetidos ciclos de embebição e ressecamento; a execução de escavação nos processos de urbanização, nas construções, na lavra de materiais de empréstimo e de agregados granulares para a pavimentação, a acumulação de estéreis, rejeitos e bota-foras em áreas íngremes; a concentração do fluxo frequentemente associada a essas intervenções constituem os principais tipos de ação preparatória de que resulta a exacerbação dos processos erosivos (p.101).

O grau do impacto gerado pelo tipo de uso e ocupação do solo depende das características específicas de cada área, já que as atividades desenvolvidas também implicam em diferentes formas de manejo. Parizzi *et al.* (2005) complementam essa informação ressaltando que os processos erosivos e de movimentos de massa vêm ocorrendo com maior frequência e magnitude em decorrência das atividades humanas serem desenvolvidas cada vez mais de forma intensiva e, em grande parte, sem planejamento.

Levando em consideração os parâmetros citados neste tópico, salienta-se que a influência de cada um deles para a elaboração de um mapeamento de suscetibilidade erosiva é variável com as peculiaridades da área estudada, isto é, se apresenta litologia muito variável, se a morfologia ou o clima local tem alguma característica marcante que possa influenciar na pedogênese e nos processos erosivos, etc.

Acrescenta-se ainda que cada parâmetro avaliado pode gerar uma carta de suscetibilidade erosiva específica. Por exemplo, pode-se fazer um mapeamento de suscetibilidade que leve em

consideração apenas a declividade, outro que considere apenas a litologia ou o uso do solo. Por fim, pode-se gerar uma carta resultante da análise integrada de todos os parâmetros considerados. E, caso se insira um novo parâmetro ao estudo, os resultados obtidos podem ser parecidos, mas não necessariamente iguais (BUENO, 2009), haja vista que o acréscimo de uma única variável, bem como a subestimação ou superestimação de um único parâmetro, pode alterar consideravelmente os resultados.

Exatamente por isso, após a elaboração do mapeamento de suscetibilidade erosiva, é necessário verificar se o mesmo está adequado com o que foi verificado em campo, pois caso os resultados sejam muito diferentes, pode ser que haja algum erro metodológico na pesquisa.

Acrescenta-se ainda que o mapeamento de suscetibilidade erosiva resulta em produtos que têm como finalidade subsidiar o desenvolvimento de soluções para problemas geotécnicos frequentes, especialmente quando esses afetam comunidades rurais e/ou urbanas (SILVA *et al.*, 1995).

1.4.1 – Etapas do mapeamento de suscetibilidade erosiva

Com base em vários trabalhos (CANIL, 2001; IWASA & FENDRICH, 1998; LOPES *et al.*, 2003), a confecção de cartas de suscetibilidade erosiva perpassa pelos seguintes procedimentos:

a) Levantamento de dados preliminares

Essa etapa consiste em reunir todos os registros cartográficos existentes, assim como as referências bibliográficas específicas e de apoio para a realização do estudo.

b) Investigação

A partir de trabalhos de campo, identificar e cadastrar na base cartográfica feições erosivas e depósitos de assoreamento existentes na área de estudo. Ao mesmo tempo, devem ser realizados os levantamentos dos condicionantes naturais do meio físico que atuam diretamente na

dinâmica dos processos erosivos, dentre os quais se destacam a caracterização geológica, geomorfológica e pedológica do terreno.

c) Construção de mapas intermediários

Os mapas temáticos intermediários auxiliam na compreensão do grau de influência dos fatores físicos e antrópicos para a maior ou menor fragilidade do ambiente à erosão. Além disso, esses mapas são uma boa forma de se expressar visualmente as informações relevantes a respeito da área, além de facilitar a interpretação das informações levantadas.

Para Canil (2001), um dos mapas temáticos essenciais neste tipo de estudo é o mapa de uso e ocupação do solo, realizado a partir de fotografias aéreas ou imagens de satélite. Vale ressaltar que a verificação em campo é um procedimento importante para averiguar se a paisagem não foi muito modificada após a data de obtenção das imagens.

d) Construção do mapa síntese de suscetibilidade erosiva

O mapa síntese consiste na junção das informações obtidas em campo e a partir dos mapas temáticos intermediários. Essa carta deve conter informações claras e objetivas, possibilitando, preferencialmente, a sua compreensão até mesmo por um usuário não habituado com este tipo de informação.

Ressalta-se que a carta de suscetibilidade erosiva é um documento temporário, sujeito a receber novas informações sempre que se julgar necessário, e que não substitui o reconhecimento local.

e) Análise e interpretação dos dados

A partir da análise dos condicionantes do meio físico associados à distribuição das feições erosivas, é possível fazer uma caracterização e interpretação dos compartimentos do terreno quanto à suscetibilidade à erosão.

2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no recorte à montante do córrego Prata, no distrito de Santo Antônio do Leite que, por sua vez, faz parte do município de Ouro Preto/MG (Figura 2), inserido na região central do Quadrilátero Ferrífero (QF). Trata-se de uma das áreas mais afetadas por voçorocas no QF.

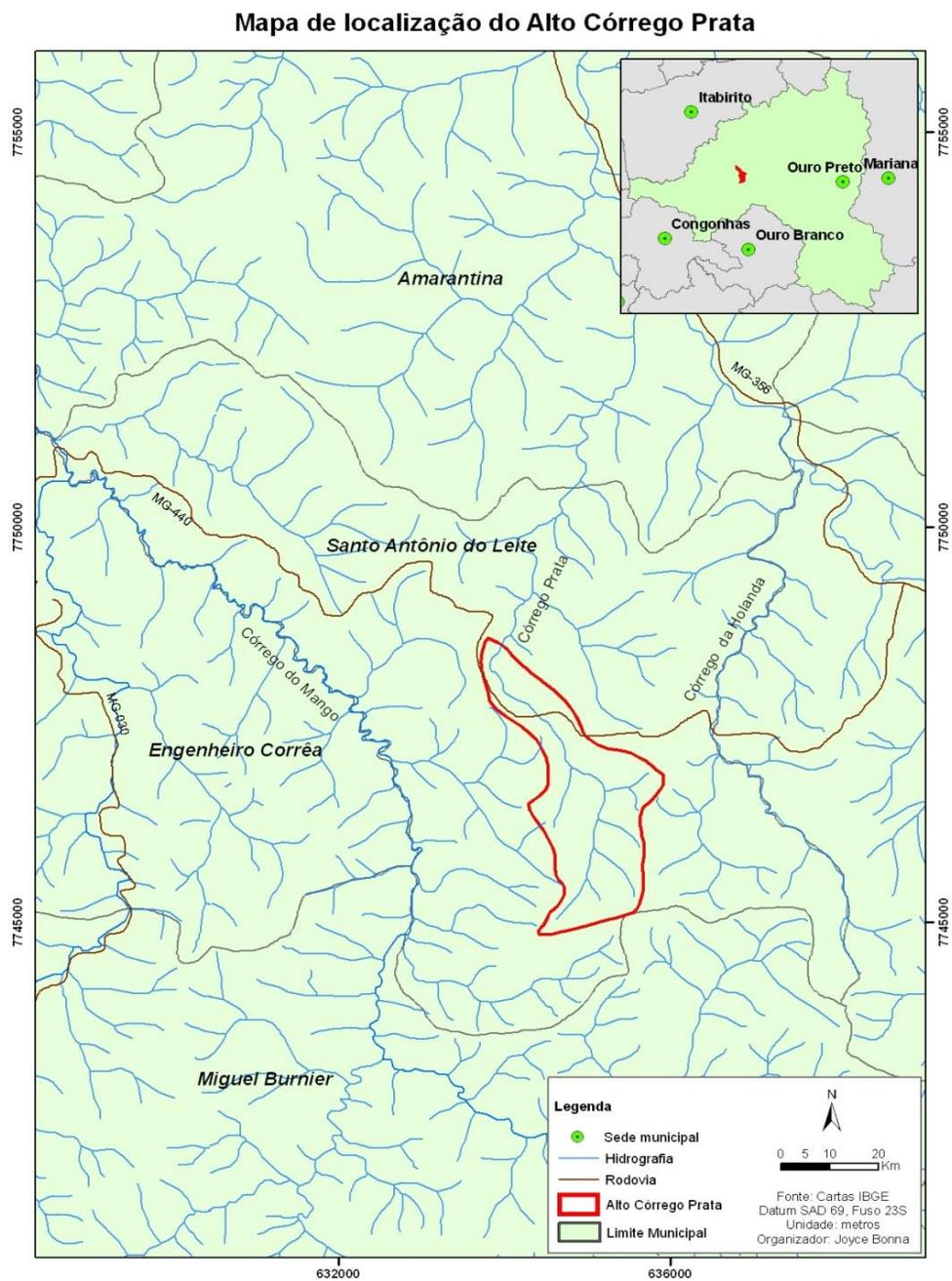


Figura 2: Mapa de localização do Alto Córrego Prata.

O Quadrilátero Ferrífero se encontra na borda sul do Cráton São Francisco abrangendo uma área de aproximadamente 7200 km² e, segundo Alkmim & Marshak (1998), é uma das mais importantes províncias minerais do Brasil em razão da suas significativas reservas de minério e sua complexa geologia composta por quatro grandes unidades litoestratigráficas descritas no Quadro 6 e ilustradas na Figura 3.

Quadro 6: Unidades litoestratigráficas do Quadrilátero Ferrífero

Unidade litoestratigráfica:	Caracterização:	Idade aproximada:
Embasamento Cristalino	Complexos metamórficos geralmente periféricos e supracrustais, com exceção do Complexo Bação localizado na porção central do QF (HERZ, 1978).	Entre 3,28 e 2,61 bilhões de anos.
Supergrupo Rio das Velhas	Sequências vulcano-sedimentares arqueanas que se encontram sobrepostas em discordância com o Embasamento Cristalino (MACHADO <i>et al.</i> , 1992). Representa uma das unidades mais extensas do QF. Segundo Dorr (1969), essa unidade pode ser subdividida nos Grupos: a) Maquiné: constituído por rochas siliciclásticas, predominantemente quartzíticas com ausência de sedimentos químicos e contribuições vulcânicas (DORR, 1969). b) Nova Lima: unidade basal composta por rochas ultramáficas, vulcânicas e intrusivas de composição Komatítica, com posteriores derrames e intrusões ultramáficas (PINTO, 1996).	Entre 2,7 e 2,8 bilhões de anos.
Supergrupo Minas	Metassedimentos plataformais do Proterozóico Inferior que repousam em nítida discordância erosiva e angular sobre as rochas do Embasamento Cristalino e/ou do Supergrupo Rio das Velhas (DORR, 1969). Conforme Alkmim & Marshak (1998), essa unidade pode ser subdividida nos Grupos: a) Caraça: unidade clástica basal e que abrange as Formações Moeda e Batatal; b) Itabira: unidade clástico-química intermediária e que engloba as Formações Cauê e Gandarela; c) Piracicaba: as rochas desse grupo formaram-se em dois ambientes distintos que acabaram por gerar a Formação Cercadinho e as Formações Fecho do Funil, Taboões e Barreiro; d) Sabará: provavelmente representa uma bacia de antepaís compartimentada com características de <i>flysch</i> compreendendo metagrauvascas, metadiamicctitos, tufos e metavulcanitos ácidos a intermediários associados a filtros carbonosos e formações ferríferas bandadas (ROSIÈRE & CHEMALE, 2000).	Entre 2,5 e 1,8 bilhões de anos.
Grupo Itacolomi	Ocorre de forma restrita no QF (ALKMIM, 1985) e é basicamente composto por metassedimentos clásticos proterozóicos que repousam de maneira discordante sobre a parte superior do Supergrupo Minas (BARBOSA & RODRIGUES, 1967).	Cerca de 2,1 bilhões de anos.

Fonte: Adaptação de Alkmim (1985), Alkmim & Marshak (1998), Barbosa & Rodrigues (1967), Dorr (1969), Herz (1978), Machado *et al.* (1992), Pinto (1996), Rosière & Chemale (2000).

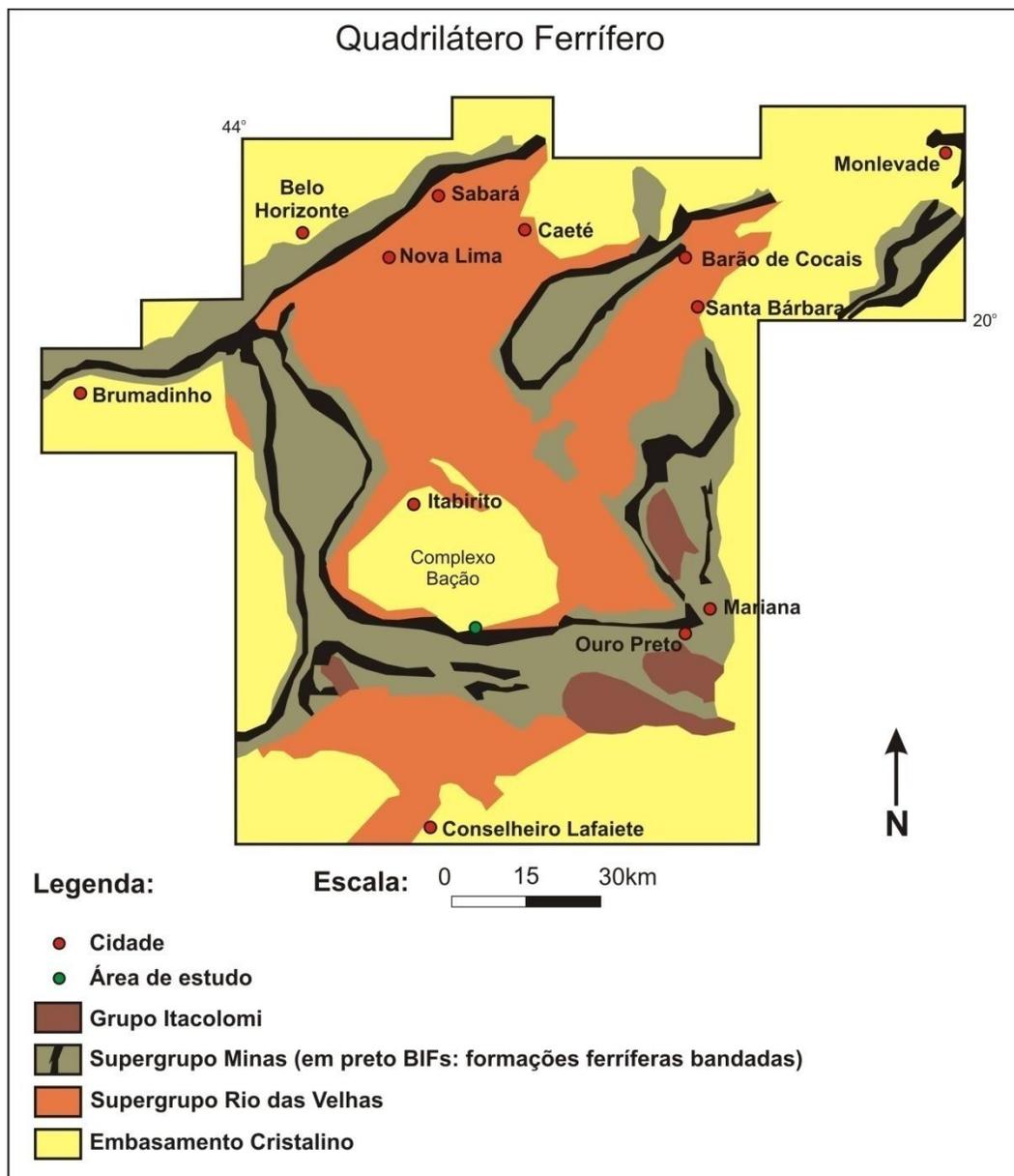


Figura 3: Geologia do Quadrilátero Ferrífero.
Fonte: Adaptação de Alkmim & Marshak (1998).

A área de estudo (Alto Córrego Prata) está quase que inteiramente inserida no Complexo Bação (Figura 4) – trata-se de um domínio geológico onde é comum o afloramento de rochas gnáissicas finamente bandadas, de composição predominantemente granodiorítica, com manto de intemperismo normalmente espesso e composto essencialmente por quartzo, feldspato (variavelmente alterado para caulinita), illita e muscovita (MORAIS *et al.*, 2004).

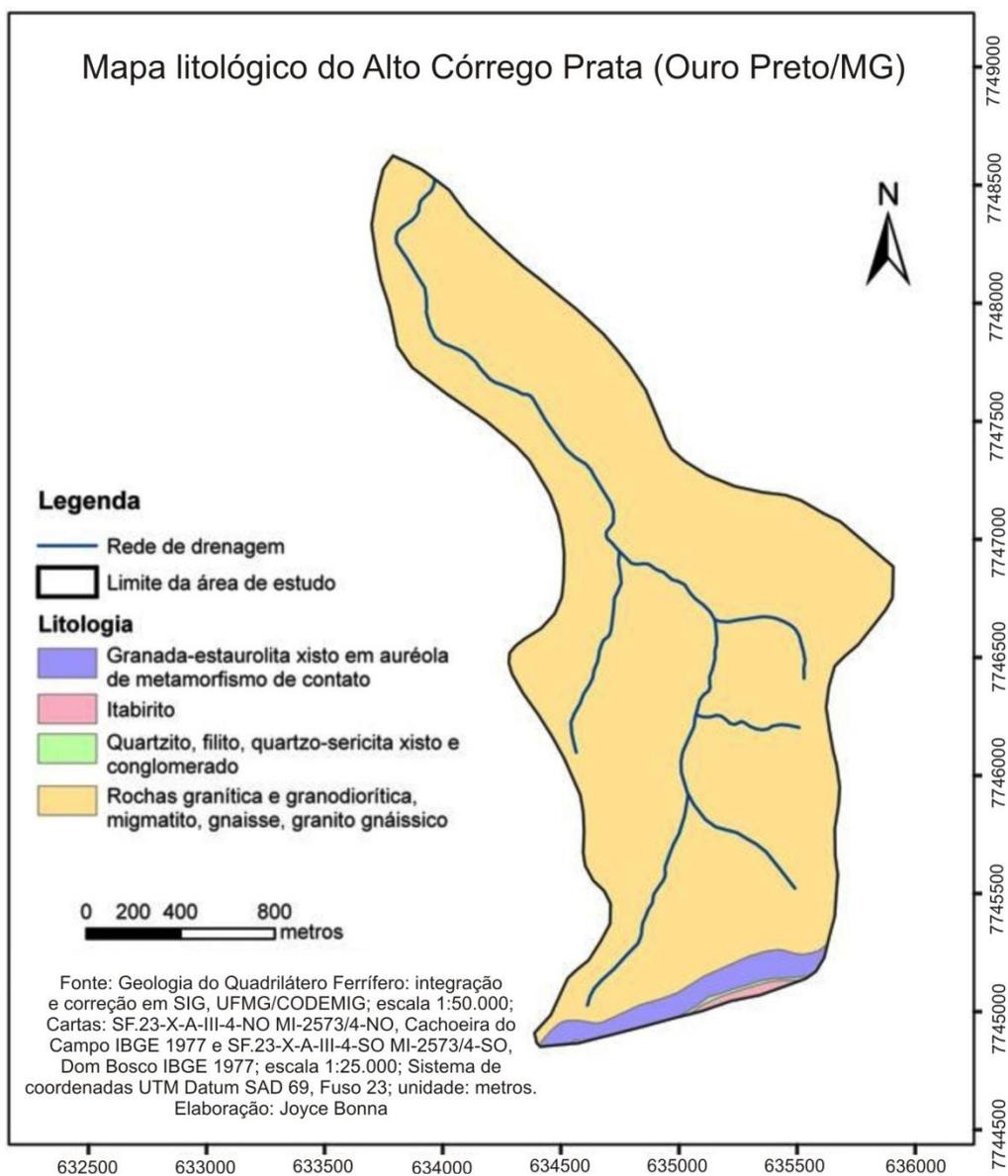


Figura 4: Mapa litológico do Alto Córrego Prata.

No que diz respeito à estrutura, o QF foi afetado por diferentes ciclos orogênicos dos quais as estruturas dobradas da Serra do Espinhaço foram originadas e proporcionaram a deformação e exposição de litotipos diversos. Tendo em vista os diferentes comportamentos dessas rochas e sua variada composição mineralógica, Varajão (1991) atesta que a evolução morfogênica do QF revela um traço marcante de erosão diferencial que levou a inversão do relevo em muitas regiões do Quadrilátero.

Salgado (2006) analisou o papel da denudação geoquímica nesse processo de erosão diferencial do QF e observou que as rochas carbonáticas possuem taxas de denudação elevadas; os granitos, gnaisses, xistos e filitos, possuem taxas medianas, já nos quartzitos e itabiritos as taxas de denudação geoquímica são mais baixas.

Com base nas informações expostas e assumindo uma escala de tempo geológico, pode-se dizer que as áreas cuja litologia predominante é o quartzito e o itabirito são as mais resistentes à erosão e, portanto, é natural que as maiores elevações do QF sejam sustentadas por essas rochas. Já as áreas onde predominam rochas carbonáticas são menos resistentes e o rebaixamento do relevo no QF ocorre numa velocidade maior sobre essas litologias. Em síntese, a morfologia do QF apresenta forte condicionamento litoestrutural.

Segundo Herz (1978), a região onde se encontra a área de estudo corresponde a uma superfície planáltica, em que a morfologia varia de suaves colinas, nas áreas associadas às formações graníticas e gnáissicas, a trechos bastante acidentados onde predominam cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados associados aos afloramentos de quartzitos, itabiritos e de canga ferruginosa.

A área de estudo está inserida nos limites da bacia hidrográfica do rio Maracujá¹⁴ que compõe a bacia do Rio das Velhas que por sua vez faz parte da bacia do Rio São Francisco. Segundo Bacellar (2000), essa bacia é palco de inúmeras zonas de cisalhamento com orientações muito diferentes. Além disso, a rede de drenagem local desenvolve-se sob controle estrutural com planícies fluviais de agradação sedimentar recente proveniente das numerosas voçorocas que ocorrem nos gnaisses do Complexo Bação. Ainda em conformidade com Bacellar (2000), essas voçorocas se desenvolvem seguindo a orientação de estruturas geológicas (foliações, falhas e fraturas) que agem como um meio condutor dos fluxos subsuperficiais de água.

Quanto à pedologia, Santos *et al.* (2002) descrevem os solos da região, de maneira geral, como Latossolos Vermelho-Amarelos com horizontes A muito revolvidos e horizontes C geralmente superiores a 15 m. No fundo dos vales, solos hidromórficos testemunham uma época em que a drenagem era menos livre (PARZANESE, 1991).

¹⁴ Bacellar (2000) descreve a bacia do rio Maracujá por uma unidade gnáissica, composta pelo gnaiss Funil (bandado, migmatizado e rico em biotita) e por gnaiss Amarantina e Praia (menos bandado e migmatizado). Os minerais predominantes são o quartzo e o feldspato cálcico, seguidos por feldspatos alcalinos e micas (SALAROLI, 1999 *apud* SANTOS, 2001).

Particularmente na área de estudo, Bonna (2009) afirma que os solos estão muito relacionados à topografia e à litologia de modo que os solos mais jovens, como os Neossolos Litólicos e Regolíticos, muitas vezes se encontram associados às litologias mais resistentes à denudação química, como os itabiritos e quartzitos, e aos relevos montanhosos e escarpados. Já os solos mais evoluídos, como os Latossolos Vermelho-Amarelos, estão associados a uma litologia rica em gnaiss e a relevos que variam de plano a ondulado. Os Cambissolos Háplicos, por sua vez, se encontram principalmente nas áreas de relevo forte ondulado. Por fim, os Gleissolos Háplicos encontram-se nas planícies de inundação e no fundo dos cursos d'água.

Em relação às características climáticas locais, a temperatura média anual é de 19,2°C, a taxa pluviométrica média anual é elevada (1306 mm/ano)¹⁵ e pode-se dizer que o clima na região é marcado por duas estações bem definidas, uma chuvosa que ocorre de outubro a março, e outra mais seca que ocorre de maio a setembro. As chuvas são predominantemente orográficas e se caracterizam por serem intermitentes e finas (BRAGA, 2007).

O solo aliado às condições climáticas propiciaram o desenvolvimento na área de estudo da Floresta Estacional Semi-decidual (PROJETO RADAMBRASIL, 1983). De acordo com Ab'Saber (1977), trata-se de uma zona de transição entre os Domínios do Cerrado e da Mata Atlântica, que aliás, também são formações vegetais que apresentam remanescentes na área de estudo. Entretanto, grande parte da vegetação original já sofreu alterações e atualmente a cobertura vegetal se diversifica com os usos locais.

A Figura 5 representa de forma bastante abrangente os principais elementos que compõem a paisagem local: mares de morro, voçorocas, áreas de mata, cerrado, campos sujos, campos cerrados e pastagens, entre outras formas de uso e cobertura do solo.

¹⁵ Média mensurada a partir de dados dos anos de 1986 a 1996.



Figura 5: Paisagem atual do Alto Córrego Prata em Santo Antônio do Leite.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Junho de 2009.

Na área de estudo encontra-se a comunidade do Catete, ocupada por cerca de 150 pessoas. Segundo um dos moradores e líder comunitário, nos últimos anos, o Catete passou a receber maior atenção por estar situada no trajeto da Estrada Real e em função das suas particularidades regionais, como a culinária mineira e o artesanato que produz.

Tal fato levou a população local a criar o *Clube das Mães Unidas Venceremos*, uma instituição sem fins lucrativos que busca oferecer oficinas de artesanato e de produção de doces caseiros à população local visando principalmente o comércio. Outro ramo que tem crescido na região é o turismo que inclui passeios realizados no Morro do Café (ponto mais elevado da comunidade) e caminhadas dentro das voçorocas.

Apesar do poder público não se preocupar muito com os fenômenos erosivos que ocorrem na região (SANTOS, 2001), a população do Catete se preocupa com a situação, principalmente as voçorocas, pois as mesmas se encontram muito próximas às construções da comunidade. Além disso, até pouco tempo, a produção agrícola e a pecuária eram à base de sustento local e, apesar dessas atividades não serem mais as principais da comunidade, ainda são muito presentes, todavia, a continuidade dessas atividades depende da conservação dos solos e, portanto, da contenção dos processos erosivos marcantes na região. Sendo assim, estes processos erosivos ainda pouco investigados na região, mas que interferem diretamente na vida da população do Catete, justificam a realização desta pesquisa.

3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Figura 6 representa os principais elementos utilizados para a realização da pesquisa. Em seguida, cada uma das etapas realizadas estão descritas de forma detalhada.

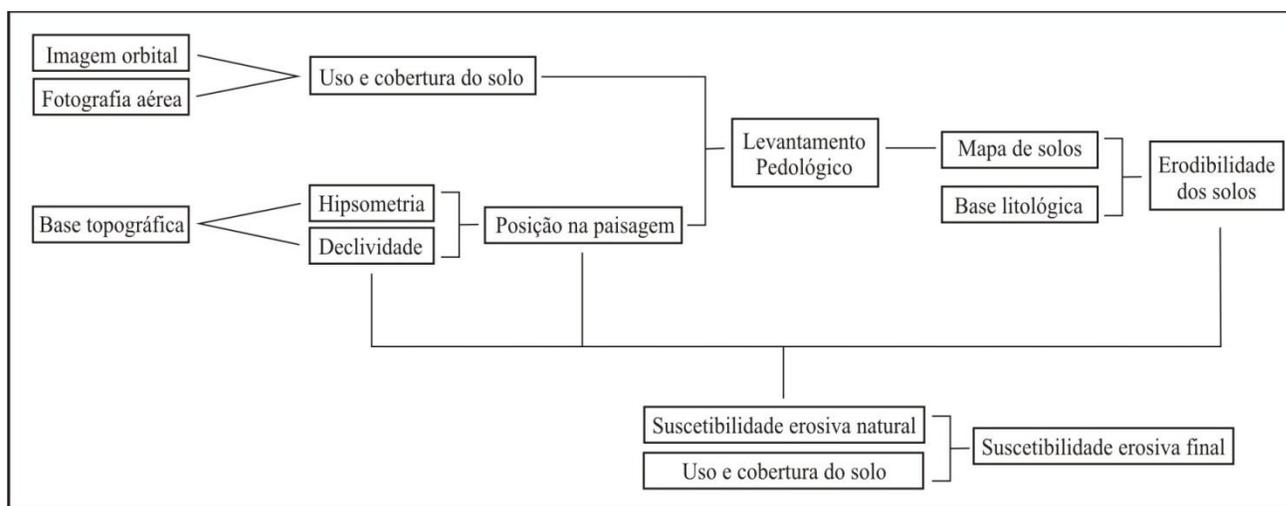


Figura 6: Fluxograma de procedimentos metodológicos.

3.1 – Levantamento de dados

A primeira etapa consistiu no levantamento de materiais a respeito da área e do tema de estudo, dentre os quais: referencial teórico, mapas base, imagens aéreas e de satélite.

3.1.1 – Revisão bibliográfica

Pesquisou-se na literatura os principais atributos físicos e sócio-econômicos de Santo Antônio do Leite (MG), informações essenciais para a caracterização da área. Também foi realizada uma revisão para fundamentar os processos erosivos e a relação desses com as características dos solos e usos detectados na região, bem como esclarecer o vocabulário técnico e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Sendo assim, a revisão de literatura envolveu os seguintes temas: Levantamento pedológico, Classificação pedogenética, Erosão e Mapeamento de suscetibilidade erosiva.

No tópico referente à classificação de solos, aprofundou-se apenas nas classes pedológicas identificadas na área. E como a classificação pedológica baseia-se na gênese dos solos, fez-se também uma breve revisão a respeito dos fatores de formação dos solos.

3.1.2 – Seleção e delimitação da área de estudo

A opção por uma área dentro do Distrito de Santo Antônio do Leite (Ouro Preto/MG) se deve ao fato de ser uma região muito atingida por processos erosivos dentro do Quadrilátero Ferrífero e praticamente não haver estudos pedológicos na área, especialmente em escala de detalhe.

A delimitação do recorte espacial da área se baseou em duas etapas além do levantamento de estudos prévios sobre a região:

a) Fotointerpretação

As fotografias aéreas analisadas foram obtidas pelos Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul 046-B, faixa 13, números: 14017, 14018, 14019, datadas da década de 1960 e cuja escala é de aproximadamente 1:25.000. Essas fotografias permitiram a percepção visual de informações relevantes como às características geomorfológicas, as áreas mais atingidas pelas voçorocas e também os principais usos e formas de ocupação do solo na época de obtenção da imagem. Também foi realizada a observação da imagem de satélite disponibilizada pelo Google Earth em Setembro de 2011 em seu endereço eletrônico. Esta análise contribuiu para a comparação das transformações na paisagem nesses dois períodos distintos.

b) Visita de campo

Em junho de 2009, durante a elaboração do trabalho de monografia que acabou sendo a origem desta pesquisa, foi realizado o primeiro trabalho de campo com o objetivo de reconhecimento da área e foi realizada com o auxílio de membros da comunidade. Tal campanha possibilitou que novas informações fossem coletadas a fim de complementar e corrigir os aspectos previamente levantados sobre a área, dentre os quais o reconhecimento das

características gerais da paisagem, como o relevo, os solos e as principais formas de ocupação dos solos.

Após a realização dessas duas etapas (fotointerpretação e reconhecimento de campo), delimitou-se a área de estudo abrangendo o recorte à montante da bacia do córrego Prata por ser uma área marcada por voçorocas de grande dimensão.

Apesar de conviver com as voçorocas, a população da comunidade se apresentou bastante interessada na realização do estudo, uma vez que a exploração do solo é uma das suas atividades e principalmente, em razão do risco que o avanço dessas voçorocas representa para a comunidade, como a perda de moradias, entre outras construções locais.

3.1.3 – Definição da escala de trabalho

A definição da escala de trabalho envolveu a adoção de algo que alcançasse os objetivos propostos e a qualidade do material disponibilizado pelo Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como as bases cartográficas e as fotografias aéreas.

Considerando que as fotografias aéreas e as cartas topográficas possuem escalas aproximadas de 1:25.000 e a realização de análises laboratoriais permitiu alcançar o 4º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos estabelecido pela Embrapa (2006), o Levantamento Pedológico pôde ser enquadrado no *detalhado*.

3.2 – Construção de mapas

A construção dos mapas foi realizada no software ArcView com a utilização das folhas topográficas do IBGE: SF.23-X-A-III-4-NO MI-2573/4-NO, Cachoeira do Campo e SF.23-X-A-III-4-SO MI-2573/4-SO, Dom Bosco – ambas de escala 1:25.000 e cuja equidistância das curvas de nível eram de 10 m.

As cartas foram escaneadas e com o auxílio do software CorelDraw foram sobrepostas e encaixadas, pois a área de estudo se dividia entre as duas cartas. Após a imagem obtida ser georreferenciada no ArcView, foram vetorizados o limite do recorte da bacia do Córrego Prata estabelecido como área de estudo, bem como as linhas topográficas e a rede hidrográfica.

Para subsidiar o mapeamento pedológico e de suscetibilidade erosiva, foram elaborados os mapas de declividade e hipsométrico que auxiliaram na identificação e definição das unidades fisiográficas na área de estudo, além de servirem de apoio para a seleção dos locais onde se realizou as descrições morfológicas dos solos em campo. Ambos os mapas utilizaram como base as cartas topográficas vetorizadas.

Seguindo a recomendação de Santos *et al.* (2005), o mapa de declividade adotou os limites de declive que definem seis tipos principais de relevo (Quadro 7).

Quadro 7: Classes de relevo com base na declividade

Tipo de relevo:	Declive:
Plano	0 - 3%
Suave ondulado	3 - 8%
Ondulado	8 - 20%
Forte ondulado	20 - 45%
Montanhoso	45 - 75%
Escarpado	> 75%

Fonte: Adaptação de Santos *et al.*, 2005.

O mapa hipsométrico seguiu uma subdivisão em cinco classes de elevação (Quadro 8) com o intuito de se considerar uma classificação próxima à do mapa de declividade, uma vez que a interpretação do mapa hipsométrico foi realizada em conjunto com o de declividade.

Quadro 8: Classes hipsométricas adotadas para o Alto Córrego Prata

Intervalo altimétrico:
1250 – 1290 m
1200 – 1250 m
1160 – 1200 m
1110 – 1160 m
1060 – 1110 m

Com base na interpretação dos mapas de declividade e hipsométrico, também foi gerado um mapa de posição na paisagem que dividiu o relevo em: vales e/ou baixadas, vertentes e topos de morros aplainados (Quadro 9).

Quadro 9: Classes de posição na paisagem

Posição na paisagem:	Declives:	Posição:
Vales e/ou baixadas	0-8%	Porções mais baixas da paisagem.
Vertentes	> 8%	Áreas entre vales/baixadas e interflúvios ou topos de morro aplainados.
Topos de morro aplainados	0-8%	Porções mais elevadas da paisagem.

A partir de dados disponibilizados pela UFMG/CODEMIG – Geologia do Quadrilátero Ferrífero: integração e correção em SIG (Escala 1:50.000) – também foi construído o mapa litológico da área, o mesmo foi utilizado para a análise da gênese e da erodibilidade dos solos.

Dentre os mapas citados, vale ressaltar que os mapas de declividade, hipsométrico e litológico foram construídos durante o trabalho de monografia, mas foram checados e atualizados, e o mapa de posição na paisagem foi construído durante essa pesquisa a fim de subsidiar o mapeamento de suscetibilidade erosiva.

Já o mapa de ocupação do solo se baseou na fotointerpretação da imagem de satélite do Google Earth acessada em Setembro de 2011. Nesse, a área de estudo foi dividida nas seguintes classes: mata, formações típicas do cerrado, pastagem, área urbana, área agrícola, silvicultura, solo exposto e voçoroca ativa, parcialmente ativa e revegetada (cuja diferença consistiu no grau de cobertura vegetal que essas se encontram).

Como o mapa pedológico e de suscetibilidade erosiva são os principais resultados dessa pesquisa, a construção dos mesmos foi detalhada nos tópicos específicos para cada um deles.

3.3 – Levantamento e classificação dos solos

3.3.1 – Análises morfológicas

Após a definição das unidades fisiográficas a partir dos dados cartográficos (como os mapas de declividade e hipsométrico), aliou-se a essas informações outras obtidas em campo para a seleção de locais mais adequados para a análise e coleta de amostras de solos, como o

aproveitamento de cortes de estrada¹⁶ e locais de solo exposto (ex.: voçorocas), evitando assim a abertura de trincheiras.

No total, foram descritos sete¹⁷ perfis pedológicos com base na metodologia proposta por Santos *et al.* (2005) que consiste na análise dos seguintes aspectos morfológicos dos horizontes e/ou camadas dos solos: cor, espessura, textura, estrutura, consistência, transição, porosidade, cerosidade e cimentação. Também foram coletadas informações complementares, como: pedregosidade, rochosidade, relevo, drenagem do perfil, vegetação, raízes, fatores biológicos, processos erosivos e ocupação.

3.3.2 – Análises laboratoriais

Nos Laboratórios de Química e Física do Solo da Universidade Federal de Viçosa (UFV) foram realizadas análises das amostras de solo quanto à granulometria, argila dispersa em água (ADA), pH em água, teor de matéria orgânica (MO), ataque sulfúrico e complexo sortivo. Essas análises foram feitas para todos os horizontes e/ou camadas dos solos descritos em campo.

A finalidade das análises foi de ampliar o nível de detalhamento do levantamento pedológico e obter informações a respeito do modo como essas características podem estar influenciando na erodibilidade dos solos da área em questão.

Nas análises granulométricas e de ADA, cuja variabilidade dos resultados é baixa quando os procedimentos metodológicos são criteriosamente seguidos, foram realizadas repetições apenas para as amostras cujos resultados apresentaram incoerência com o padrão sugerido na metodologia. Já para a leitura do pH em água e a análise de matéria orgânica foram feitas três repetições por amostra, pois é comum encontrar valores diferenciados e optou-se por utilizar a média como valor final.

As análises por ataque sulfúrico, complexo sortivo, pH em água e de determinação do teor de matéria orgânica foram realizadas por laboratoristas da UFV que empregaram metodologias e

¹⁶ As análises realizadas em cortes de estrada só foram realizadas em locais onde não se verificavam indícios de remobilização de materiais e todo material presente na parede desses perfis expostos foram retirados e descartados das análises até cerca de 5 cm de profundidade.

¹⁷ Essa etapa foi iniciada no trabalho de monografia do qual dois perfis pedológicos analisados foram aproveitados. Para a pesquisa atual, realizou-se a análise morfológica e a coleta de amostras de mais cinco perfis pedológicos.

critérios de repetições sugeridas pela Embrapa (1997) para um laboratório de rotina e, exatamente por se tratar de um laboratório de rotina, essas análises estão mais sujeitas a erros.

a) Análise granulométrica

A análise granulométrica envolve várias etapas¹⁸. Iniciou-se pela *dispersão da amostra de solos*, que consiste na individualização das partículas primárias do solo. Primeiro, fez-se a dispersão química e posteriormente a dispersão mecânica por agitação lenta como recomendado por Ruiz (2005) para solos característicos de regiões tropicais e úmidas¹⁹ (Figura 7).



Figura 7: Agitador para agitação lenta.

Fonte: Ruiz, 2005, p. 26.

A última etapa é a *quantificação das frações texturais* – areia grossa, areia fina, silte e argila – e cuja somatória deveria ser igual a 1, mas devido às próprias dificuldades da metodologia, este valor geralmente não é alcançado. Portanto, considera-se aceitável que esta

¹⁸ O ideal é que inicie a análise granulométrica com a aplicação de pré-tratamentos para a remoção de agentes cimentantes e flocculantes (ex.: matéria orgânica, óxidos de Fe e Al, carbonatos e sais solúveis). Todavia, como os solos brasileiros normalmente possuem pouca quantidade de matéria orgânica e carbonatos, e por outro lado possuem grande quantidade de óxidos, geralmente esta etapa é suprimida (FERNANDES, 2010).

¹⁹ Ruiz (2005) comprovou o método de agitação lenta é mais eficiente que a agitação rápida, uma vez que leva a um incremento no teor de argila e redução dos teores de silte, areia fina e areia grossa, isto é, permite a uma maior separação de partículas individuais de pseudocomponentes do solo.

soma fique entre 0,92 e 1,02 (RUIZ, 2005). Assim, as proporções foram recalculadas com base no valor da somatória encontrada por amostra e quando essa não se encontrava entre o intervalo de valores indicados pela metodologia de Ruiz (2005), foram realizadas repetições das análises das amostras de argila e silte, pois essas estão mais sujeitas a erros do operador do que as análises das frações de areia.

Uma vez definidas as proporções de cada fração textural, promoveu-se a classificação textural do horizonte ou camada do solo com base no Triângulo Textural, indicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Além disso, também pôde se calcular a relação de silte/argila.

É importante salientar que, de acordo com Lima *et al.* (1990), os teores de silte e areia fina obtidos na análise granulométrica, estão entre os principais parâmetros responsáveis pela erodibilidade dos solos, pois quanto maior o teor dessas granulometrias, maior também a erodibilidade dos solos.

b) Argila dispersa em água

Os procedimentos para avaliação da argila dispersa em água (ADA) são os mesmos da análise granulométrica, a diferença é que neste caso utiliza-se apenas a água como dispersante e não se avalia a quantidade de areia e silte, pois se tem interesse apenas na quantificação da argila.

A partir dos dados obtidos com a análise granulométrica e da ADA, foi possível calcular também: o índice de dispersão (ID), que é a proporção de ADA em relação à argila total; o grau de floculação (GF), complemento do índice de dispersão (isto é: $GF = 1 - ID$) e que representa a proporção da argila naturalmente floculada em relação à argila total. De forma geral, pode-se dizer que alto GF e/ou baixa ADA são consequências de uma boa agregação e estruturação do solo, portanto, esses elementos servem de indícios para a avaliação da erodibilidade dos solos.

c) pH em água

Essa análise consiste na mistura de 10 cm³ de amostra de solo (TFSA – terra fina seca ao ar) com 25 cm³ de água; agita-se a mistura por aproximadamente 5 minutos e deixa em repouso por 30 minutos para permitir a reação, isto é, a liberação da acidez ativa do solo para a solução.

Após esse período, agita-se novamente a mistura a fim de evitar o efeito de suspensão e seguidamente, faz-se a leitura do pH em pHmetro previamente calibrado.

d) Matéria orgânica

Utilizou-se a metodologia de determinação do carbono orgânico pelo processo de Walkley-Black descrita por Defilipo e Ribeiro (1997). Considerando que a matéria orgânica contém cerca de 58% de carbono orgânico, emprega-se um cálculo para a conversão do carbono orgânico (CO) em matéria orgânica (MO).

e) Análises por ataque sulfúrico

A solubilização de amostras de solo por ataque sulfúrico (H_2SO_4 1:1) permite a avaliação de estágios de intemperismo dos solos. O procedimento utilizado se baseou na metodologia recomendada pela Embrapa (1997), onde se realiza a determinação de ferro, alumínio, titânio, manganês e fósforo no extrato sulfúrico, sendo a determinação da sílica obtida a partir do resíduo retido no papel filtro do processo de ataque sulfúrico.

f) Complexo sortivo

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC), também chamada de Valor T, *é definida como a soma dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas* (EMBRAPA, 1997, p.93). Entre estes cátions se encontram: Na, K, Ca, Mg e Al, e, com exceção do Al, todos outros cátions servem de nutrientes às plantas.

A partir da quantificação desses elementos que funcionam como nutrientes, podemos obter a soma de bases trocáveis do solo (SB) – denominada Valor S ou Valor V% quando quantificada em porcentagem do total da CTC do solo. Pela obtenção desses dados, é possível verificar o grau de fertilidade e evolução do solo, pois, na medida em que o solo evolui, é lixiviado, logo, menor é a quantidade de cátions trocáveis no solo.

A quantificação do alumínio também é importante, pois no caso de solos distróficos, é a partir dessa informação que verificamos se o solo tem caráter alumínico²⁰. Também foi quantificada a acidez trocável do solo, isto é, dados relativos ao Al+H.

As metodologias utilizadas para a obtenção dos dados relativos a esses elementos químicos nos solos foram: extração de Ca, Mn e Al pelo método do KCl 1 mol L⁻¹; extração de Na e K pelo método *Mehlich-1* e, por fim, extração do Al+H (acidez trocável) pelo método do acetato de cálcio a pH 7 – todos recomendados pela Embrapa (1997).

O levantamento desses dados relativos às análises por ataque sulfúrico e complexo sortivo tinham como principal objetivo ampliar o nível de detalhamento do levantamento pedológico realizado em 2009 que havia atingido o 2º nível categórico. Por meio desses dados, foi possível ampliar esse detalhamento até o 4º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos estabelecido pela Embrapa (2006).

3.4 – Mapeamento de suscetibilidade erosiva

A fim de se obter o mapeamento de suscetibilidade erosiva, optou-se por desenvolver uma correlação dos parâmetros que se acredita serem os mais influenciáveis na erodibilidade dos solos da área. Essa metodologia de correlação de parâmetros é muito utilizada neste tipo de mapeamento, pois produz resultados normalmente coerentes com a realidade observada.

A partir da análise visual da paisagem, avaliou-se os principais elementos que influenciam na erodibilidade dos solos da região e optou-se pela utilização dos seguintes parâmetros:

- a) Características do relevo – declividade e posição na paisagem: dados obtidos a partir dos mapas temáticos extraídos das cartas topográficas da área de estudo;
- b) Erodibilidade dos solos: obtida a partir do levantamento pedológico realizado;
- c) Ocupação dos solos: informações obtidas a partir da fotointerpretação da imagem Google Earth de Setembro de 2011.

Tomando como base esses parâmetros foram gerados dois mapas de suscetibilidade erosiva:

²⁰ Dependendo da quantidade de Al trocável no solo, a vegetação pode ser prejudicada, pois o Al em certos níveis torna-se tóxico para as plantas (RIBEIRO *et al.*, 1999).

a) *Mapa de suscetibilidade natural à erosão*: baseado apenas na influência do relevo na suscetibilidade à erosão e na erodibilidade dos solos – cada um desses parâmetros teve peso de 50%.

b) *Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado à ocupação dos solos*: baseado na influência do relevo, na erodibilidade dos solos e na ocupação dos solos – cada parâmetro teve um peso de 33,3%.

O objetivo de construir dois mapas foi comparar os resultados e inferir se a suscetibilidade à erosão no Alto Córrego Prata está mais relacionada aos fatores naturais ou à atuação antrópica sobre a área de estudo. Lembrando que em ambos os mapas a influência do relevo foi mensurada 50% na declividade e 50% na posição da paisagem.

Como os mapas de suscetibilidade se basearam no cruzamento das matrizes dos mapas dos parâmetros, foram desenvolvidas duas equações para a formulação dos mapas:

a) *Mapa de suscetibilidade natural à erosão*

b) *Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado à ocupação dos solos*

$$\frac{\frac{d + p}{2} + e}{2}$$

$$\frac{\frac{d + p}{2} + e + o}{3}$$

e: valor atribuído a classe de erodibilidade do solo (Quadro 11)

d: valor atribuído a classe de declividade (Quadro 12)

p: valor atribuído a classe de posição na paisagem (Quadro 13)

o: valor atribuído a classe de ocupação do solo (Quadro 14)

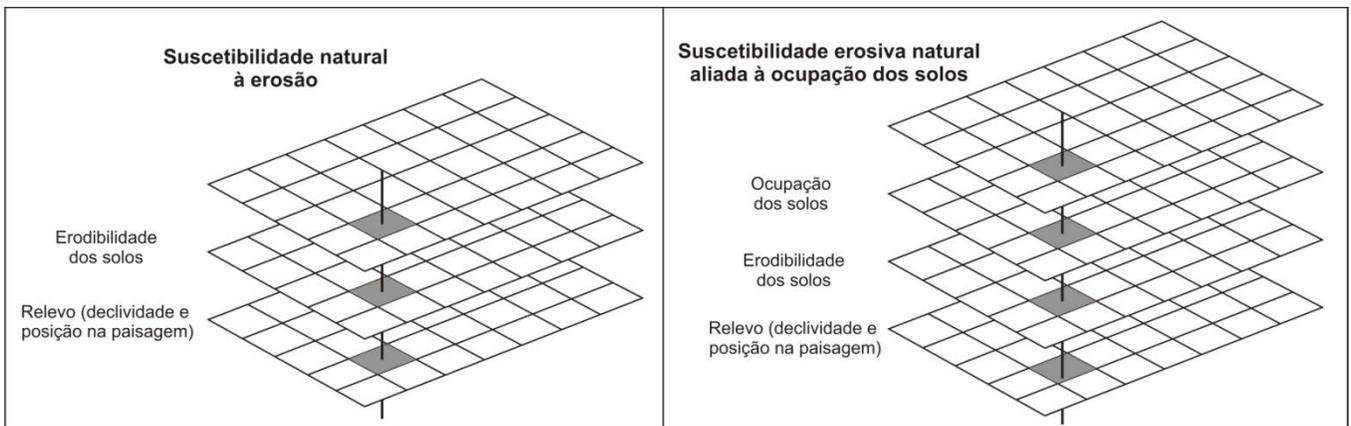


Figura 8: Exemplo de cruzamento das matrizes dos mapas base para o mapeamento de suscetibilidade erosiva.

Fonte: Adaptação de Moura, 2003.

Os valores atribuídos ao nível de erodibilidade dos solos e a suscetibilidade à erosão de cada um dos parâmetros foram sintetizados nos quadros a seguir e detalhados no capítulo referente aos resultados do mapeamento de suscetibilidade erosiva.

Quadro 10: Valoração das classes pedológicas do Alto Córrego Prata quanto à erodibilidade

Classe pedológica:	Nível de erodibilidade:	Valor atribuído:
Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico	Muito alto	5
Neossolo Regolítico Distrófico léptico	Muito alto	5
Neossolo Litólico	Alto	4
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	Médio	3
Gleissolo Háplico Tb Eutrófico/Distrófico típico	Muito baixo	1

Como o mapa de suscetibilidade erosiva utilizou o mapa pedológico obtido e esse se baseou em unidades de mapeamento e essas englobam mais de uma classe pedológica, a partir dos dados do Quadro 10, foi realizada a valoração de cada uma dessas unidades considerando o valor atribuído a erodibilidade da classe pedológica predominante naquela unidade (Quadro 11).

Quadro 11: Valoração das unidades de mapeamento pedológico do Alto Córrego Prata quanto à erodibilidade

Unidade de mapeamento pedológico:	Nível de erodibilidade:	Valor atribuído:
Associação de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico e Gleissolo Háplico Tb Eutrófico típico	Muito baixo	1
Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico	Médio	3
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	Médio	3
Associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico Distrófico léptico	Alto	4
Associação de Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico e Neossolo Regolítico Distrófico léptico	Muito alto	5

Já para a avaliação da influência do relevo, como foram consideradas a declividade (Quadro 12) e a posição na paisagem (Quadro 13), optou-se por adotar a média aritmética dos valores atribuídos a esses dois atributos avaliados.

Quadro 12: Valoração das classes de declive quanto à suscetibilidade erosiva

Declive:	Suscetibilidade à erosão:	Valor atribuído:
0-3%	Muito baixa ou ausente	1
3-8%	Baixa	2
8-20%	Média	3
20-45%	Alta	4
>45%	Muito alta	5

Quadro 13: Valoração das unidades posição na paisagem quanto à suscetibilidade à erosão

Unidade de posição na paisagem:	Suscetibilidade à erosão:	Valor atribuído:
Vales aplainados	Muito baixa ou ausente	1
Topos de morro aplainados	Média	3
Vertentes	Muito alta	5

Por fim, o Quadro 14 sintetiza os valores atribuídos à suscetibilidade à erosão das principais formas de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata.

Quadro 14: Valoração das classes de ocupação dos solos quanto à suscetibilidade à erosão

Tipo de ocupação:	Suscetibilidade à erosão:	Valor atribuído:
Mata	Muito baixa ou ausente	1
Cerrado, campo sujo e campo cerrado	Médio	3
Pastagem	Médio a alto	3,5
Agricultura sazonal ou anual	Alto	4
Silvicultura	Médio	3
Área urbana	Médio	3
Solo exposto	Muito alta	5
Voçoroca ativa	Muito alta	5
Voçoroca parcialmente ativa	Alta	4
Voçoroca revegetada	Baixo	2

As classes de suscetibilidade erosiva, por sua vez, foram desenvolvidas com base nos intervalos de valores que abrangem a média aritmética dos parâmetros avaliados (Quadro 15).

Quadro 15: Classes de suscetibilidade erosiva

Suscetibilidade erosiva:	Valor:
Ausente a baixa	1-2
Média	2-3
Alta	3-4
Muito alta	4-5

Ambos os mapas de suscetibilidade erosiva devem ser interpretados da seguinte forma: **quanto mais elevado o valor atribuído a uma área, maior é a sua tendência à erosão.**

Por fim, fez-se a análise dos resultados obtidos verificando a localização e o percentual das classes de suscetibilidade à erosão na área de estudo como um todo. Foi também neste momento que se verificou as possíveis falhas metodológicas que podem ter interferido nos resultados obtidos.

4 – LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DO ALTO CÓRREGO PRATA

O Alto Córrego Prata abrange quatro classes pedológicas dominantes: Neossolos, Cambissolos, Latossolos e Gleissolos. Com exceção dos Neossolos Litólicos, os solos identificados na área foram classificados até o quarto nível categórico estabelecido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

4.1 – Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos

De acordo com a Embrapa (2006), a classe dos Neossolos compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso e que não apresentam alterações expressivas em relação ao material origem devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.

Particularmente onde esses solos foram encontrados no Alto Córrego Prata, a menor atuação da pedogênese pode estar relacionada a dois fatores principais: a maior resistência da rocha de origem e a influência do relevo.

Nos locais do Complexo Bação onde a litologia não é composta por granito-gnaise ou gnaise – materiais menos resistentes ao intemperismo (BACELLAR, 2000) e onde as taxas de denudação geoquímica são medianas no QF (SALGADO, 2006) – é comum a ocorrência de solos mais jovens. Portanto, a maior resistência do material pode ter influenciado levando a menor atuação da pedogênese.

Já nos locais onde os Neossolos se encontram sobre litologias compostas por granito-gnaise e gnaise, a presença destes solos parece estar relacionada à influência do relevo, posto que esses solos só foram identificados em locais de relevo escarpado a montanhoso. Lembrando que quanto maior a declividade, menor é a taxa de infiltração da água, logo, menor será também o intemperismo químico e a pedogênese.

Foram identificadas duas subordens de Neossolos: os Neossolos Litólicos e os Neossolos Regolíticos. Como esses normalmente se encontravam lado a lado, foram espacialmente organizados sob forma de associação (Figura 9).



Figura 9: Área de associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico.
Fonte: Fotografia obtida em Setembro de 2009.

Os Neossolos Litólicos²¹ encontrados foram assim classificados por apresentarem horizonte A sobre horizonte Cr dentro de 50 cm da superfície do solo (Figura 10) .



Figura 10: Perfil de Neossolo Litólico.
Fonte: Fotografia obtida em Agosto de 2010.

²¹ Como esses solos apresentavam o horizonte A pouco profundo e com elevada pedregosidade, não foi possível a coleta de amostras para análises laboratoriais e a ampliação de sua classificação até o quarto nível categórico (subgrupos).

No que diz respeito ao embasamento geológico, os Neossolos Litólicos, em sua maioria, se desenvolveram no único recorte da área de estudo que abrange litologias do Supergrupo Rio das Velhas e do Supergrupo Minas que, segundo Bacellar (2000), em linhas gerais, são mais resistentes à alteração que as litologias do Complexo Bação, com presença marcante de gnaiss.

Os Neossolos Regolíticos observados também apresentavam horizonte A sobre C ou Cr, mas cujo contato lítico ocorria numa profundidade maior que 50 cm e menor que 100 cm, por isso são considerados lépticos (Quadro 16).

Particularmente o Neossolo Regolítico descrito apresentava horizonte A moderado (Quadro 17) sobrejacente a um horizonte C com 5% ou mais de seu volume composto por fragmentos de rocha semi-intemperizada (Figura 11).



Figura 11: Perfil de Neossolo Regolítico (perfil 4).
Fonte: Fotografia obtida em Agosto de 2010.

Quadro 16: Descrição Perfil 4

Perfil 4: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico léptico (RR)									
Data de coleta: 12/08/2010; Localização (coordenadas UTM): 634675 / 7745268									
Situação: Média encosta; Altitude: 1182 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Ondulado; Declive local: 20-45%									
Formação geológica: Complexo Bação; Litologia: Gnaiss									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Cultivo de eucalipto									
Drenagem: Moderadamente drenado									
Erosão: Sulcos ocasionais									
Descrição morfológica									
A moderado	0-17 cm; bruno forte (7,5YR 4/6 úmido); franco argilo arenosa; moderada pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana; raízes finas poucas.								
C	17-90 cm; vermelho (10R 4/8 úmido); franco argiloso; maciça; dura, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; raízes finas raras.								
Observações: Pouca rochiosidade na superfície, mas há restos de material de origem ao longo de todo o perfil.									
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	17	190.4	352.8	189.3	267.5	70.8	73.5	0.7077	4.90
C	73	122.7	259.8	243.8	363.6	3.0	99.1	0.8068	4.57
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	0.47	0.24	0.24	0.22	1.18	0.80	1.95	37.74	3.13
C	0.14	0.09	0.09	0.00	0.32	1.05	1.37	19.04	1.69
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	11.68	23.7	157.7	132.3	20.4	0.1	2.5	3.6	2.03
C	4.94	5.3	234.2	188.6	51.4	0.3	5.7	3.7	2.11
<p>AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de flocculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO₂ x 1,7)/ Al₂O₃.</p>									

Quadro 17: Análise dos horizontes A

Enquadramento Horizonte A:														
Tipo de horizonte A:	Perfil 1: LVA		Perfil 2: GX		Perfil 3: CX		Perfil 4: RR		Perfil 5: GX		Perfil 6: CX		Perfil 7: LVA	
	Horizonte A		Horizonte A		Horizonte A		Horizonte A		Horizonte A		Horizonte A		Horizonte A	
	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos
<i>A chemozêmico</i>	Estrutura e teor de CO.	Cor, valor V% e espessura.	Teor de CO e espessura.	Estrutura, cor e valor V%.	Estrutura e teor de CO.	Cor, valor V% e espessura.	Estrutura e teor de CO.	Cor, valor V% e espessura.	Teor de CO e espessura.	Estrutura, cor e valor V%.	Estrutura, cor, teor de CO e espessura.	Valor V%.	Estrutura, teor de CO e espessura.	Cor e valor V%.
<i>A proeminente</i>	Estrutura, teor de CO e valor V%.	Cor e espessura.	Teor de CO, espessura e valor V%.	Estrutura e cor.	Estrutura, teor de CO e valor V%.	Cor e espessura.	Estrutura, valor V% e teor de CO.	Cor e espessura.	Teor de CO, espessura e valor V%.	Estrutura e cor.	Estrutura, cor, teor de CO, valor V% e espessura.	-	Estrutura, teor de CO, valor V% e espessura.	Cor.
<i>A húmico</i>	Cor, valor V% e Teor de CO.	Espessura.	Espessura e cor.	Teor de CO.	Teor de CO e valor V% .	Espessura e cor.	Valor V%.	Cor, espessura e teor de CO.	Espessura e cor.	Teor de CO.	Espessura, cor e saturação por bases.	Teor de CO.	Espessura, cor e valor V%.	Teor de CO.
<i>A fraco</i>	-	Estrutura, cor, teor de CO e espessura.	Cor.	Teor de CO e espessura.	Estrutura e cor.	Teor de CO e espessura.	Cor.	Estrutura, teor de CO e espessura.	-	Teor de CO, cor e espessura.	-	Estrutura, cor, teor de CO e espessura.	-	Estrutura, cor, teor de CO e espessura.
<i>A moderado</i>	Não enquadrar em outro A.	-	Não enquadrar em outro A.	-	Não enquadrar em outro A.	-	Não enquadrar em outro A.	-	Não enquadrar em outro A.	-	-	Não enquadrar em outro A.	Não enquadrar em outro A.	-
Classificação:	A moderado		A moderado		A moderado		A moderado		A moderado		A proeminente		A moderado	

Legenda: LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo, GX – Gleissolo Háplico, CX – Cambissolo Háplico, RR – Neossolo Regolítico.

Em alguns pontos dos Neossolos Regolíticos analisados, foi possível identificar um horizonte Bi em vias de formação, mas esses eram restritos e apresentavam menos de 10cm de espessura, ainda caracterizando um Neossolo.

Ainda a partir dos dados do Quadro 16, é possível verificar que o Neossolo Regolítico avaliado apresentava saturação por bases menor que 50%, caracterizando, portanto, um solo distrófico.

4.2 – Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos

Apesar da classe dos Cambissolos geralmente englobar solos com características muito diversificadas, os Cambissolos observados na área de estudo eram bastante homogêneos, tanto que os dois perfis de Cambissolos analisados foram enquadrados no mesmo subgrupo pedológico. Essa homogeneidade está relacionada ao fato do material de origem, as formas de relevo e as condições climáticas locais serem praticamente as mesmas.

Os Cambissolos visualizados na área de estudo, quando não apresentavam os horizontes superficiais decapitados devido à erosão, apresentavam um horizonte A sobre um horizonte Bi (Quadros 17 e 18).

Observando as características morfológicas dos Cambissolos algumas comparações podem ser realizadas (Quadros 19 e 20). Por exemplo, a cor do horizonte A dos perfis de Cambissolos pode ser um indício de que o perfil 6 é mais rico em matéria orgânica que o perfil 3, pois possui coloração mais escura. Em contrapartida, os horizontes A e B do perfil 3 são mais avermelhados, o que também pode ser um indício de maior quantidade de óxidos de ferro (Figuras 12 e 13).

Quadro 18: Análise dos horizontes B

Enquadramento Horizonte B:										
Tipo de horizonte B:	Perfil 1: LVA				Perfil 3: CX		Perfil 6: CX		Perfil 7: LVA	
	Horizonte BA		Horizonte B		Horizonte B		Horizonte B		Horizonte B	
	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos	Requisitos atendidos	Requisitos não atendidos
<i>Bt</i>	Espessura e textura.	Presença de E ou mudança textural abrupta e GT.	Espessura e textura.	Presença de E ou mudança textural abrupta e GT.	Espessura e textura.	Presença de E ou mudança textural abrupta e GT.	Espessura e textura.	Presença de E ou mudança textural abrupta e GT.	Espessura e textura.	Presença de E ou mudança textural abrupta e GT.
<i>B plânico</i>	Espessura e textura.	Possuir as características de Bt, transição abrupta e cor.	Espessura e textura.	Possuir as características de Bt, transição abrupta e cor.	Espessura e textura.	Possuir as características de Bt, transição abrupta e cor.	Espessura e textura.	Possuir as características de Bt, transição abrupta e cor.	Espessura e textura.	Possuir as características de Bt, transição abrupta e cor.
<i>B nítico</i>	Espessura, textura e estrutura.	Cerosidade.	Espessura, textura e estrutura.	Cerosidade.	Espessura e estrutura.	Textura e cerosidade.	Espessura, textura e estrutura.	Cerosidade.	Espessura, textura e estrutura.	Cerosidade.
<i>Bf</i>	Espessura.	Presença de plintita e cor.	Espessura.	Presença de plintita e cor.	Espessura.	Presença de plintita e cor.	Espessura.	Presença de plintita e cor.	Espessura.	Presença de plintita e cor.
<i>Bh</i>	Espessura e cor.	Presença de E.	Espessura e cor.	Presença de E.	Espessura e cor.	Presença de E.	Espessura.	Presença de E e cor.	Espessura e cor.	Presença de E.
<i>Bw</i>	Relação silte/argila, Ki e valor T.	Espessura e GF.	Espessura, relação silte/argila, GF; Ki e valor T.	-	GF, Ki e valor T.	Espessura e relação silte/argila.	Relação silte/argila, Ki e valor T.	Espessura e GF.	Espessura, relação silte/argila, GF; Ki e valor T.	-
<i>Bi</i>	Não enquadrar em outro B.	-	-	Não enquadrar em outro B.	Não enquadrar em outro B.	-	Não enquadrar em outro B.	-	-	Não enquadrar em outro B.
Classificação:	Bi		Bw		Bi		Bi		Bw	

Legenda: LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo, CX – Cambissolo Háplico, Bi – horizonte B incipiente, Bw – horizonte B latossólico.

Quadro 19: Descrição Perfil 3

Perfil 3: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico (CX)									
Data de coleta: 12/08/2010; Localização (coordenadas UTM): 634520 / 7745052									
Situação: Terço superior de encosta; Altitude: 1224 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Ondulado; Declive local: 20-45%									
Formação geológica: Complexo Baçã; Litologia: Gnaiss									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Cultivo de eucalipto									
Drenagem: Moderadamente drenado									
Erosão: Sulcos ocasionais									
Descrição morfológica									
A moderado	0-18 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6 úmido); argila; moderada a fraca média granular; macia, friável, plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição clara e plana; raízes finas comuns.								
Bi	18-65 cm; vermelho (2,5YR 4/8 úmido); franco-argilosa; moderada média blocos angulares; ligeiramente dura a dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana; raízes finas poucas.								
C	65-120+ cm; vermelho (10YR 5/8 úmido); franca; fraca grande blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa a ligeiramente pegajosa; raízes finas raras.								
Observações: Rochosidade superficial e nas áreas próximas aos Neossolos Regolíticos nas associações.									
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	18	129.7	279.7	174.0	416.6	122.8	70.5	0.4176	4.31
Bi	47	165.3	227.2	275.5	332.0	4.2	98.7	0.8297	4.78
C	55	225.7	275.8	311.9	186.6	7.0	96.2	1.6719	4.33
Horizonte	Complexo sortivo (cmol/dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	0.08	0.06	0.08	0.07	0.29	0.51	1.88	13.50	2.18
Bi	0.02	0.02	0.09	0.08	0.22	0.44	0.83	20.92	1.04
C	0.02	0.02	0.03	0.00	0.07	0.61*	0.45*	12.62	0.52
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	5.23	18.4	160.5	208.4	57.4	0.0	5.7	3.9	1.31
Bi	3.15	10.5	193.4	211.1	40.4	0.0	4.3	3.7	1.56
C	2.77	4.0	192.4	198.7	21.0	0.0	2.5	4.0	1.65
AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de floculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO ₂ x 1,7)/ Al ₂ O ₃ . *Dados com suspeita de erro do laboratório de rotina.									

Quadro 20: Descrição Perfil 6

Perfil 6: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico (CX)									
Data de coleta: 12/08/2010; Localização (coordenadas UTM): 634346 / 7747540									
Situação: Média encosta; Altitude: 1075 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Ondulado; Declive local: 20-45%									
Formação geológica: Complexo Bação; Litologia: Gnaisse									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Talude de corte em estrada.									
Drenagem: Moderadamente drenado									
Erosão: Sulcos frequentes e desbarrancamentos									
Descrição morfológica									
A proeminente	0-22 cm; bruno escuro (7,5 YR 3/2 úmido); argilo arenosa; moderada pequena a média granular; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana; raízes finas comuns.								
Bi	22-54 cm; bruno (7,5 YR 5/6 úmido); argilosa; moderada a forte média blocos subangulares; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual e plana; raízes finas poucas.								
C1	54-140 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8 úmido); franco argilosa; fraca média a grande blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual e plana; raízes finas raras.								
C2	140-250+ cm; vermelho (7,5 R 5/6 úmido); franco; fraca grande blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas raras.								
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A proeminente	22	151.5	343.0	149.2	356.3	79.0	77.8	0.4186	4.54
Bi	32	101.6	248.5	216.5	433.5	125.6	71.0	0.4993	4.09
C1	86	151.7	232.6	280.3	335.4	2.6	99.2	0.8358	4.54
C2	110+	79.4	282.1	368.2	270.3	4.0	98.5	1.3622	4.48
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A proeminente	0.50	0.18	0.13	0.00	0.81	0.96	3.65	18.19	4.46
Bi	0.11	0.03	0.03	0.00	0.17	1.16	3.04	5.43	3.21
C1	0.18	0.02	0.03	0.00	0.23	1.32	3.18	6.68	3.41
C2	0.11	0.02	0.01	0.00	0.13	1.92	2.75	4.64	2.88
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A proeminente	12.51	31.6	165.4	145.7	29.9	0.1	2.9	3.3	1.93
Bi	7.41	14.5	227.8	215.6	30.8	0.1	3.8	3.0	1.80
C1	10.17	6.6	240.3	210.1	26.9	2.5	2.9	3.4	1.94
C2	10.65	5.3	243.7	186.0	28.2	0.0	3.5	2.9	2.23
<p>AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de floculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO₂ x 1,7)/ Al₂O₃.</p>									



Figura 12: Perfil de Cambissolo Háplico (perfil 3).
Fonte: Fotografia obtida em Agosto de 2010.



Figura 13: Perfil de Cambissolo Háplico (perfil 6).
Fonte: Fotografia obtida em Agosto de 2010.

Ao classificar o horizonte A desses perfis, verificou-se que o perfil 3 apresentava horizonte A moderado e o perfil 6 horizonte A proeminente (Quadro 17), mas ambos apresentaram horizonte B incipiente (Bi) (Quadro 18): horizonte característico da classe dos Cambissolos quando subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial que não satisfaça os requisitos para serem enquadrados nas classes dos Chernossolos, Plintossolos, Gleissolos, Organossolos e Vertissolos (EMBRAPA, 2006).

Dando continuidade a classificação desses solos, a partir dos dados dos Quadros 19 e 20, verificou-se que ambos se enquadram na classe dos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, pois não possuem horizonte A húmico ou caráter flúvico, mas possuem argila de baixa atividade e baixa saturação por bases.

Semelhante ao que ocorreu com a unidade dos Neossolos, a delimitação das áreas dos Cambissolos não é muito clara e esses solos geralmente se encontram associados aos Neossolos Regolíticos Tb Distróficos típicos ou aos Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos.

Essa forma de distribuição espacial é muito comum, pois muitas vezes os Cambissolos podem ser caracterizados por terem sofrido maior pedogênese que os Neossolos Regolíticos, mas esse processo não ter sido suficientemente forte para a formação de Latossolos (BONNA, 2009).

Todavia, particularmente os Cambissolos da região de estudo parecem ter origem em antigos Latossolos erodidos, pois apesar de possuírem horizonte Bi, esses Cambissolos apresentam características bastante similares aos solos que possuem Bw (Quadro 18), isto é, aos Latossolos.

O horizonte B do perfil 3, por exemplo, apresenta espessura próxima a 50 cm, grau de floculação (GF) próximo a 100%, coeficiente de intemperismo (Ki) menor que 2,2 e atividade da argila (Valor T) menor que 17. O horizonte B do perfil 6, por sua vez, possui relação silte/argila menor que 0,6, coeficiente de intemperismo (Ki) menor que 2,2 e atividade da argila (Valor T) menor que 17.

Exatamente por apresentarem essas particularidades, os Cambissolos analisados foram enquadrados no subgrupo dos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos.

4.3 – Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos

Conforme o SiBCS (EMBRAPA, 2006), o que caracteriza os Latossolos é a presença de um horizonte B latossólico (Bw) imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial que não seja hístico. No caso dos Latossolos descritos, ambos possuem horizonte A moderado sobrejacente a Bw (Quadros 17 e 18).

As próprias características de um horizonte Bw justificam porque os Latossolos compõem a classe de solos mais evoluídos: apenas um solo em um estágio de intemperização avançado possui minerais primários quase que completamente alterados²² (EMBRAPA, 2006).

Os Latossolos descritos fazem parte dos Latossolos Vermelho-Amarelos (Quadros 21 e 22). Conforme a Embrapa (2006), esses solos possuem cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram nos matizes de cores estabelecidas para as outras subordens de Latossolos (Figuras 14 e 15).

²² Entre as características essenciais de um Bw, destacam-se: estrutura forte muito pequena a pequena granular ou blocos subangulares fracos ou moderados; espessura > 50 cm; grande estabilidade dos agregados (GF ≈ 100% e ADA < 200g/kg); textura franco-arenosa ou mais fina; relação silte/argila menor que 0,7 nos solos de textura média e 0,6 nos solos de textura argilosa; relação molecular SiO₂/Al₂O₃ (Ki) ≤ 2,2 e CTC < 17cmol_c/kg, entre outras.

Quadro 21: Descrição Perfil 1

Perfil 1: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVA)									
Data de coleta: 02/09/2009; Localização (coordenadas UTM): 634495 / 7747032									
Situação: Porção média de encosta; Altitude: 1096 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Ondulado; Declive local: 8-20%									
Formação geológica: Complexo Baçã; Litologia: Gnaiss									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Pastagem									
Drenagem: Bem drenado									
Erosão: Não aparente no perfil, mas a área é marcada por voçorocamentos intensos nesta classe de solos quando B é raso.									
Descrição morfológica									
A moderado	0-16 cm; bruno avermelhado (5YR 4/4 úmida); argila; moderada média e grande granular; ligeiramente dura, friável, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana; raízes finas muitas.								
BA	16-35 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmida); argila; moderada a forte pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica a plástica, ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana; raízes finas comuns.								
Bw	35-124+ cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8 úmida); argila; moderada a forte pequena blocos subangulares; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas poucas.								
Observações: Atividade biológica como formigas ao longo do perfil, ocorrência de pedotubos nos horizontes BA e B.									
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	16	124.9	275.3	112.6	487.2	146.2	70.0	0.2311	5.50
BA	19	114.1	250.6	147.5	487.9	150.8	69.1	0.3024	5.16
Bw	89+	125.8	251.6	114.7	507.8	4.4	99.1	0.2258	4.65
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	2.08	1.42	0.15	0.00	3.65	0.02*	2.67	57.74	6.31
BA	1.12	0.76	0.07	0.00	1.95	0.04	1.54	55.80	3.49
Bw	0.30	0.21	0.03	0.06	0.60	0.07	2.33	20.38	2.92
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	12.96	34.2	163.8	204.9	37.4	0.2	4.5	2.0	1.36
BA	7.16	21.1	174.0	236.6	39.8	0.1	5.2	2.7	1.25
Bw	5.75	11.9	167.6	223.2	34.9	0.0	4.7	3.3	1.28
AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de flocculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO ₂ x 1,7)/ Al ₂ O ₃ . *Dado com suspeita de erro do laboratório de rotina.									

Quadro 22: Descrição Perfil 7

Perfil 7: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVA)									
Data de coleta: 25/08/2010; Localização (coordenadas UTM): 634611 / 7746009									
Situação: Terço superior de encosta; Altitude: 1057 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Ondulado; Declive local: 8-20%									
Formação geológica: Complexo Baçã; Litologia: Gnaiss									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Talude de corte em estrada.									
Drenagem: Bem drenado									
Erosão: Não aparente no perfil, mas há sutis desbarrancamentos nos arredores.									
Descrição morfológica									
A moderado	0-40 cm; bruno-escuro (7,5 YR 3/4 úmido); argila; moderada muito pequena a pequena granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana; raízes finas a médias comuns.								
Bw	40-90cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6 úmido); argila; moderada pequena blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas poucas.								
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	40	149.9	235.9	103.9	510.3	92.2	81.9	0.2036	4.49
Bw	50	126.3	189.5	103.8	580.5	11.4	98.0	0.1788	4.93
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	0.48	0.26	0.12	0.00	0.86	0.29	2.40	26.47	3.26
Bw	0.30	0.15	0.06	0.00	0.50	0.05	1.64	23.54	2.14
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	6.40	27.7	159.0	264.0	47.7	0.0	5.0	3.3	1.02
Bw	5.92	14.5	169.3	250.6	46.6	0.0	4.8	3.2	1.15
<p>AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de floculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO₂ x 1,7)/ Al₂O₃.</p>									



Figura 14: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (perfil 1). **Fonte:** Fotografia obtida em Julho de 2009.



Figura 15: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (perfil 7). **Fonte:** Fotografia obtida em Agosto de 2010.

A partir dos dados expostos nos Quadros 21 e 22, conclui-se que ambos os Latossolos descritos se enquadram no subgrupo dos Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos.

Ao comparar as características desses perfis, verifica-se ainda que esses Latossolos são bastante semelhantes, principalmente nas características texturais, no tipo de estrutura e na consistência dos seus horizontes B diagnósticos.

No que diz respeito aos óxidos de ferro, pode-se dizer que todos os solos descritos são hipoférricos, isto é, possuem teor de óxido de ferro (Fe_2O_3) inferior a 80 g/kg. Esse baixo teor de óxido de Fe pode está relacionado à litologia cujo predomínio é o gnaiss leucocrático, que é mais rico em sílica que em Fe. De modo geral, os dados referentes aos Latossolos demonstram que esses não sofreram intemperismo o bastante para se caracterizarem como oxídicos, apesar do Ki ser bastante baixo.

Ressalta-se ainda que os processos erosivos na região são muito atuantes e aparentemente estão impedindo a evolução mais intensa desses solos. Diante disso, apesar de constituírem

Latossolos e apresentarem horizontes Bw maiores que 50 cm, esses horizontes ainda não são muito espessos (Figura 16), fato que torna esses solos mais suscetíveis à erosão, pois facilita a mais rápida exposição do horizonte C que é muito instável.



Figura 16: Área de associação de Latossolos e Cambissolos dentro de uma voçoroca.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.

A Figura 16 também demonstra como os Latossolos e Cambissolos se encontram na paisagem muitas vezes lado a lado. Inclusive, a principal característica que distingue essas duas classes pedológicas na região é a espessura dos horizontes B desses solos – nos Cambissolos esses horizontes são menos desenvolvidos que nos Latossolos, ou seja, possuem menos de 50 cm de espessura. Destaca-se ainda que os Latossolos e Cambissolos são as classes de solos mais comuns na área de estudo (BONNA, 2009).

4.4 – Gleissolos Hápicos Tb Eutróficos/Distróficos típicos

Conforme citado na revisão bibliográfica, os Gleissolos são solos permanente ou periodicamente saturados. Sendo assim, essa classe pedológica compreende solos que passaram pelo processo de hidromorfismo (Quadro 4) e que apresentam horizonte glei abaixo de um

horizonte A ou E ou hístico (Quadro 1) com espessura insuficiente para compor um Organossolo (EMBRAPA, 2006).

Particularmente os Gleissolos analisados apresentavam horizonte A moderado (Quadro 17) seguido de camadas de C com mosqueados. Apesar dos perfis analisados apresentarem leve gleização, acredita-se que esses compõem Gleissolos, pois foram identificados vários cupinzeiros constituídos por materiais bastante acinzentados nas planícies de inundação onde esses solos foram descritos (Figura 17).



Figura 17: Cupinzeiros constituídos por material gleizado.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Agosto de 2010.

Vale destacar também que esses solos se posicionam nas porções mais baixas da paisagem e constantemente recebem sedimentos das áreas arredores mais elevadas, principalmente quando situados dentro de voçorocas ativas ou parcialmente ativas, como é o caso do Gleissolo do perfil de solo 2 (Figura 18). Sendo assim, o material superficial desses solos são relativamente recentes e ainda pouco submetidos ao processo de gleização. (BONNA, 2009).



Figura 18: Voçoroca parcialmente ativa onde foi identificado Gleissolo (perfil 2).

Fonte: Fotografia obtida em Setembro de 2009.

A partir dos dados representados nos Quadros 23 e 24, verifica-se que: enquanto o Gleissolo do perfil 2 apresenta alta saturação por bases compondo um solo eutrófico, o Gleissolo do perfil 5 apresenta baixa saturação por bases, constituindo um solo distrófico. Apesar disso, ambos Gleissolos descritos possuem argila de baixa atividade, logo, o perfil de solo 2 se enquadra no subgrupo dos Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos típicos e o perfil de solo 5 nos Gleissolos Háplicos Tb Distróficos típicos.

Quadro 23: Descrição Perfil 2

Perfil 2: GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico (GX)									
Data de coleta: 30/09/2009; Localização (coordenadas UTM): 634999 / 7746802									
Situação: Vale; Altitude: 1080 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Plano; Declive local: 0-3%									
Formação geológica: Complexo Bação; Litologia: Depósito aluvionar									
Vegetação Primária: Vegetação de brejo; Uso atual: Pastagem									
Drenagem: Imperfeitamente drenado									
Erosão: Não aparente									
Descrição morfológica									
A moderado	0-15 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4 úmido); mosqueados não perceptíveis devido elevada umidade; areia franca; estrutura, consistência seca e úmida não avaliadas devido excesso de água; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana; raízes médias muitas.								
C1	15-30 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/8 úmido); mosqueados não perceptíveis devido elevada umidade; franco-arenosa; estrutura, consistência seca e úmida não avaliadas devido excesso de água; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana; raízes finas comuns.								
C2	30-35+ cm; amarelo-brunado (10 YR 6/6 úmido); mosqueados não perceptíveis devido elevada umidade; franco-arenosa; estrutura, consistência seca e úmida não avaliadas devido excesso de água; não plástico e ligeiramente pegajoso; raízes finas raras.								
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	15	259.8	463.8	140.9	135.5	13.6	90.0	1.0394	5.18
C1	15	241.2	511.5	141.8	105.6	28.6	72.9	1.3421	4.96
C2	5+	224.1	580.3	85.9	109.7	11.8	89.2	0.7832	4.85
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	1.02	0.12	0.05	0.00	1.19	0.02	0.65	64.87	1.84
C1	0.37	0.05	0.04	0.00	0.46	0.02	0.24	65.45	0.70
C2	0.19	0.04	0.03	0.01	0.28	0.07*	0.00*	100.00	0.28
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	13.57	15.8	109.1	93.0	16.0	0.0	1.7	3.9	1.99
C1	6.60	5.3	97.5	84.4	12.3	0.0	1.5	3.0	1.96
C2	2.55	4.0	88.5	51.1	6.8	0.0	0.9	3.3	2.94
AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de flocculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO ₂ x 1,7) / Al ₂ O ₃ . *Dados com suspeita de erro do laboratório de rotina.									

Quadro 24: Descrição Perfil 5

Perfil 5: GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (GX)									
Data de coleta: 12/08/2010; Localização (coordenadas UTM): 634458 / 7747529									
Situação: Vale; Altitude: 1066 m									
Relevo regional: Ondulado a forte ondulado; Relevo local: Plano; Declive local: 0-3%									
Formação geológica: Complexo Baçã; Litologia: Gnaiss									
Vegetação Primária: Floresta estacional semi-decidual; Uso atual: Pastagem									
Drenagem: Imperfeitamente drenado									
Erosão: Não aparente									
Descrição morfológica									
A moderado	0-10 cm; bruno (10YR 4/3 úmido); não possui mosqueado; franco argilo arenoso; estrutura, consistência seca e úmida não avaliadas devido excesso de umidade; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.								
C1	10-60+ cm; bruno (2,5Y 5/2 úmido); mosqueado abundante médio distinto amarelo (10YR 7/6 úmido); franco argilo arenosa; estrutura, consistência seca e úmida não avaliadas devido o excesso de umidade; ligeiramente plástica e não pegajosa a ligeiramente pegajosa.								
Análises laboratoriais									
Horizonte	Espessura (cm)	Análise textural (g/kg)				ADA (g/kg)	GF (%)	Silte/argila	pH em água
		AG	AF	Silte	Argila				
A moderado	10	106.2	412.3	218.1	263.3	206.0	92.2	0.8285	4.49
C	50	86.2	399.2	271.1	243.5	40.6	83.3	1.1135	4.49
Horizonte	Complexo sortivo (cmol _c /dm ³)								
	Ca	Mg	K	Na	Valor S	Al	H + Al	Valor V%	Valor T
A moderado	0.76	0.24	0.19	0.00	1.19	0.24	3.90	23.42	5.09
C	0.51	0.15	0.07	0.00	0.73	0.23	1.99	26.84	2.72
Horizonte	T argila	MO (g/kg)	Análises por ataque sulfúrico (g/kg)						Ki
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	
A moderado	19.32	39.5	199.5	171.9	46.3	0.4	3.2	4.0	1.97
C	11.16	21.1	210.6	194.5	32.6	0.2	3.5	3.6	1.84
AG – areia grossa, AF – areia fina, ADA – argila dispersa em água, GF – grau de floculação (GF = (argila – ADA) x 100/argila), Valor S – soma de bases (S = Ca + Mg + K + Na), Valor T – capacidade de troca catiônica (T = S + H + Al), T argila – atividade da argila (T argila = T x 100/argila), V% = (S x 100/T), MO – matéria orgânica, Ki = (SiO ₂ x 1,7)/ Al ₂ O ₃ .									

Duas hipóteses podem ser levantadas a respeito da diferença de fertilidade dos Gleissolos observados:

A primeira delas consiste na possibilidade do perfil de solo 2 ter sofrido adubação antrópica para o uso da área como pastagem, pois levando em consideração que todos os outros solos observados na área de estudo possuem baixa saturação por bases, o esperado era que esse solo também apresentasse essa característica, especialmente por se encontrar no interior de uma voçoroca parcialmente ativa, local onde os processos de sedimentação dos solos erodidos são constantes.

Uma segunda hipótese, seria o fato do nível do lençol freático se encontrar mais próximo a superfície no perfil de solo 2 e os elementos lixiviados dos solos arredores podem estar se acumulando nesse solo.

Não há informações suficientes para se afirmar qual a hipótese correta, mas acredita-se que a primeira seja mais provável, já que o embasamento rochoso da área de estudo tende a gerar solos normalmente menos férteis.

Os dados obtidos neste estudo também não são suficientes para definir de forma clara a distribuição desses dois grandes grupos de Gleissolos identificados na área. Mas como a maioria dos solos analisados são distróficos e há a possibilidade do perfil de solo 2 ter sofrido adubação antrópica, acredita-se que os Gleissolos Háplicos Tb Distróficos típicos predominem em relação aos Gleissolos Tb Eutróficos típicos.

Para efeitos de generalização cartográfica e para ser mais condizente com a realidade observada, foram estabelecidas cinco unidades de mapeamento distribuídas na área de estudo conforme descrito no Quadro 25 e ilustrado na Figura 19.

Quadro 25: Unidades de mapeamento do Alto Córrego Prata

Unidades:	Descrição:
Associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico Distrófico léptico	Presentes em áreas de declives maiores que 75% (relevo escarpado). Os Neossolos Litólicos são mais frequentes que os Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos.
Associação de Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico e Neossolo Regolítico Distrófico léptico	Presentes em áreas cujas declividades variam de 45 a 75% (relevo montanhoso). Os Cambissolos Hápticos Tb Distróficos latossólicos são mais presentes que os Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos.
Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico	Associados a uma declividade que varia de 20 a 45% (relevo forte ondulado). Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos são mais comuns que os Cambissolos Hápticos Tb Distróficos latossólicos.
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	Solos comumente presentes em locais cuja declividade varia de 0 a 20% (relevo plano a ondulado).
Associação de Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico e Gleissolo Háptico Tb Eutrófico típico	Presentes em áreas de baixa declividade e onde há afloramento do nível freático, como locais de passagem dos cursos d'água e planícies de inundação. Os Gleissolos Hápticos Tb Distróficos típicos são mais frequentes que os Gleissolos Hápticos Tb Eutróficos típicos.

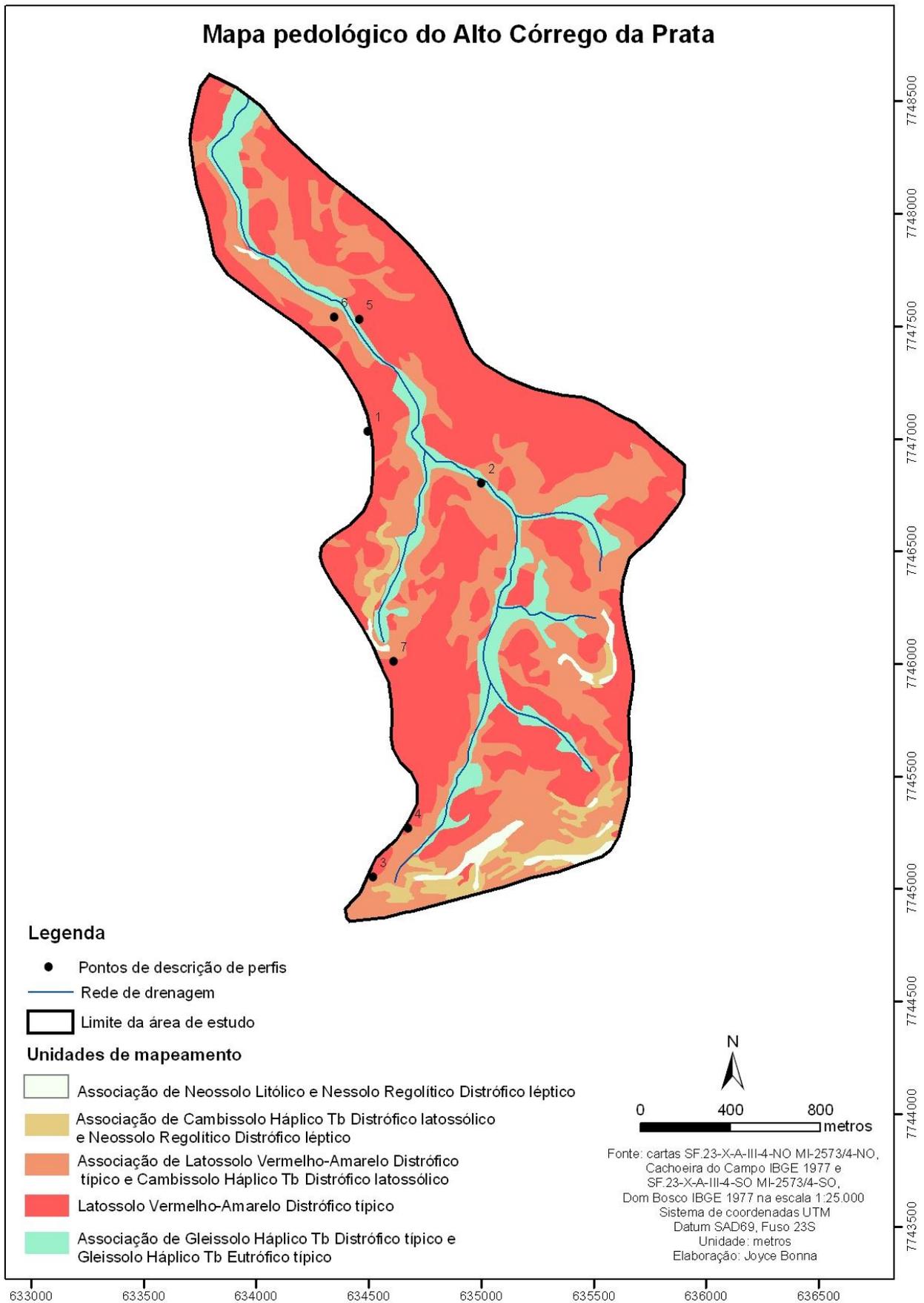


Figura 19: Mapa pedológico do Alto Córrego Prata.

5 – SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO ALTO CÓRREGO PRATA

5.1 – Erodibilidade dos solos

A caracterização da suscetibilidade natural do solo à erosão pode ser realizada por meio de uma comparação entre as suas propriedades físicas e a sua situação no relevo. Sendo assim, a partir do levantamento das principais características dos solos do Alto Córrego Prata, realizou-se a análise da erodibilidade natural dos solos identificados na área de estudo.

5.1.1 – Neossolos Litólicos

Como já abordado anteriormente, os Neossolos Litólicos são solos muito jovens e pouco evoluídos. Logo, é uma característica comum desses solos a presença da rocha muito próxima à superfície funcionando como um impedimento natural à drenagem, o que acaba facilitando a saturação desses solos (EMBRAPA, 2008). Tais características, somadas à localização desses solos normalmente em áreas mais declivosas, acabam favorecendo o escoamento superficial da água e a ocorrência da erosão hídrica.

Acrescenta-se que os Neossolos Litólicos do Alto Córrego Prata apresentam elevada pedregosidade (Figura 10), característica essa que funciona como um obstáculo natural à erosão, já que os agentes erosivos só transportam materiais desagregados.

Esses solos normalmente se encontram cobertos por campos sujos e campos cerrados e apresentam sulcos pouco profundos aparentemente naturais, visto que são solos pouco utilizados e cuja própria pedregosidade e cobertura vegetal geram rugosidades ou caminhos preferenciais para o escoamento superficial da água.

Levando em consideração as análises acima, os Neossolos Litólicos podem ser classificados como de *erodibilidade alta*, pois possuem mais características favoráveis que desfavoráveis à erosão. Mas como são solos ainda pouco profundos e de elevada pedregosidade, a quantidade de material intemperizado passível de transporte é pequena. Logo, apesar de alta, a erodibilidade desses solos não foi considerada muito alta comparada a outras classes pedológicas observadas na área de estudo.

5.1.2 – Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos

Os Neossolos Regolíticos apresentam praticamente as mesmas características que os Neossolos Litólicos, diferenciando apenas no fato de serem menos pedregosos e um pouco mais evoluídos e profundos.

Apesar da maior profundidade dos Neossolos Regolíticos torná-los menos sujeitos ao escoamento superficial, ainda são considerados solos rasos e suscetíveis à erosão, pois, exatamente por serem mais profundos e menos pedregosos, possuem mais material desagregado passível de transporte do que os Neossolos Litólicos.

Acrescenta-se que a presença do horizonte C muito próximo à superfície nos Neossolos Regolíticos Distróficos lépticos, também aumenta consideravelmente a erodibilidade desses solos, pois esse horizonte praticamente não possui estrutura em razão do elevado teor de silte – partícula facilmente carregada por ser muito pequena, leve e com pouquíssima carga. Em suma, os Neossolos Regolíticos podem ser classificados como de *erodibilidade muito alta*.

Ressalta-se ainda que, além de sulcos naturais, foram identificados nesses solos, sulcos que parecem ter origem antrópica, como a instalação de cercas, atividades de pastagem e o plantio de culturas morro abaixo – situações que facilitam a formação e o aprofundamento de caminhos preferenciais para o escoamento d'água.

5.1.3 – Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos

Os Cambissolos Háplicos também são considerados solos jovens, mas comparados aos Neossolos podem ser considerados mais desenvolvidos e profundos. Já em relação aos Latossolos, os horizontes superficiais dos Cambissolos Háplicos são menos desenvolvidos e profundos, o que segundo a Embrapa (2008), os torna mais propícios à exposição do horizonte C. Lembrando que quando há a exposição desses horizontes ricos em silte, o processo erosivo tende a se tornar mais acelerado, favorecendo inclusive o desenvolvimento de voçorocas.

Ainda de acordo com a Embrapa (2008), a decapitação do solo em alguma parte da encosta, normalmente nas porções mais baixas do relevo, expõe o horizonte C a uma intensa remoção de partículas e, por solapamento, a voçoroca cresce rapidamente no material pouco coeso desses horizontes.

Tal processo é muito comum em Santo Antônio do Leite, especialmente nas áreas de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos e Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos. A própria análise visual dos perfis expostos nas voçorocas demonstra que os horizontes superficiais desses solos estão sendo removidos e o horizonte C vem sendo totalmente exposto e facilmente erodido em decorrência à elevada erodibilidade desse horizonte (Figura 20).



Figura 20: Voçoroca com decapitação dos horizontes superficiais e exposição do horizonte C.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Junho de 2009.

Quanto à relação entre a ADA e o GF que servem de indícios sobre o grau de estabilidade dos agregados, os horizontes Bi dos Cambissolos analisados apresentaram padrões bastante heterogêneos, o que é muito comum nessa classe pedológica. Mas como a ADA foi mais baixa e o GF mais elevado no perfil de solo 3, pode-se dizer que os agregados deste Cambissolo são mais estáveis que no perfil de solo 6.

No que diz respeito ao embasamento geológico, os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos do Alto Córrego Prata geralmente ocorrem em áreas cuja litologia predominante é o gnaíse leucocrático que, por sua vez, é naturalmente menos resistente ao intemperismo

(BACELLAR, 2000), o que pode estar contribuindo para a maior erodibilidade desses solos na área de estudo.

Além disso, semelhante ao que ocorre com os Neossolos, o relevo mais movimentado onde os Cambissolos Háplicos normalmente se desenvolvem, favorece a atuação da gravidade que, por sua vez, facilita o desenvolvimento de movimentos de massa e dificulta a infiltração da água no solo aumentando, portanto, o escoamento superficial da água e os processos erosivos consequentes. Outra observação a respeito da localização dos Cambissolos é que esses geralmente se encontram nas bordas das redes de drenagem que, inclusive, são os locais onde as voçorocas tendem a se desenvolver.

Em suma, a erodibilidade dos Cambissolos analisados pode ser classificada como *muito alta*, inclusive por esses solos geralmente não apresentarem pedregosidade e possuírem o horizonte C relativamente próximo a superfície, onde os processos erosivos são mais atuantes, já que os horizontes superficiais desses solos (A e B) ainda não são muito desenvolvidos.

Semelhante ao que foi observado nos Neossolos Regolíticos, a intensificação dos processos erosivos nos Cambissolos do Alto Córrego Prata também parece estar relacionada às interferências antrópicas. Nas áreas de Associação de Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos e Neossolos Regolíticos Distróficos típicos foram constatados sulcos e ravinas. Essas últimas aparentavam evolução acelerada em decorrência da substituição da vegetação natural por cultivos morro abaixo, como eucalipto (Figura 21), enquanto os sulcos se desenvolviam em locais onde foram construídas estradas (Figura 22).



Figura 21: Ravinamento em evolução em área de silvicultura.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.



Figura 22: Sulco em evolução para ravina em área de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos. **Fonte:** Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.

5.1.4 – Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos típicos

Como os processos pedogenéticos foram mais atuantes nos Latossolos, esses são solos normalmente profundos e desenvolvidos, predominando textura argila – partículas leves, mas que por possuírem mais cargas, favorecem a formação de agregados e a estruturação do solo. Por conseguinte, favorecem também a infiltração da água, reduzem o escoamento superficial e, conseqüentemente, reduzem também a atuação da erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006).

Observou-se que nos horizontes Bw dos Latossolos, a ADA se apresentou baixa e o GF elevado, elementos que indicam uma boa agregação e estabilidade. Portanto, pode-se dizer que esses horizontes são menos erodíveis. O mesmo não acontece nos horizontes A e BA desses solos, resultado já esperado, pois são horizontes mais ricos em matéria orgânica – lembrando que a matéria orgânica funciona como um agente dispersante, pois, por ser muito rica em cargas negativas, leva a dispersão da argila.

Ressalta-se ainda que, como os Latossolos são solos bem drenados e associados a um relevo que varia de plano a ondulado (portanto, menos declivoso), são também menos propensos ao desenvolvimento de movimentos de massa.

Todavia, vale acrescentar que, semelhante aos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos, os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos do Alto Córrego Prata também estão associados a um embasamento cuja litologia predominante é o gnaisse leucocrático e, apesar de apresentarem horizontes Bw com espessura maior que 50 cm, esses não são muito profundos e, uma vez perdidos os horizontes superficiais desses solos, o horizonte C (de maior erodibilidade) é facilmente exposto. Logo, assim como ocorre com os Cambissolos, esses Latossolos acabam sendo mais facilmente dissecados e desenvolvendo processos erosivos que muitas vezes evoluem para voçorocas (Figura 23). Portanto, a erodibilidade dos Latossolos na região de estudo foi considerada *média*.



Figura 23: Voçoroca registrada em área de Associação de Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Junho de 2009.

5.1.5 – Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos/Distróficos típicos

Como os Gleissolos estão situados nas planícies de inundação, não há a formação de agregados devido o excesso de umidade no ambiente. Logo, é inviável estabelecer uma relação entre a ADA e o GF para analisar a estabilidade das camadas e/ou horizonte desses solos na área de estudo.

Também cabe destacar que a maioria das nascentes dos corpos d'água do Alto Córrego Prata emerge/nasce nas voçorocas. Portanto, os Gleissolos são os solos que mais recebem sedimentos dos processos erosivos atuantes ao seu redor – sedimentos esses que inclusive vêm assoreando os cursos d'água locais (Figura 24). Sendo assim, pode-se dizer que esses Gleissolos estão mais sujeitos ao processo de deposição que à erosão. Logo, a erodibilidade desses solos foi considerada *muito baixa* na área de estudo.



Figura 24: Curso d'água sendo assoreado pelos sedimentos provenientes do voçorocamento.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.

Vale destacar ainda algumas características comuns a todas as classes pedológicas do Alto Córrego Prata.

A primeira delas é o elevado teor de silte e areia fina que esses solos apresentam, especialmente os Gleissolos (rever Quadros 16 e 17), a exceção dos Latossolos, cujo predomínio é da fração argila (rever Quadros 14 e 15).

Apesar da areia fina ser uma granulometria maior que o silte, ela também é bastante pequena e leve, além de possuir poucas cargas, o que dificulta a formação de agregados. Sendo assim, semelhante ao silte, essa textura também não é favorável à estruturação dos solos, e ambas são partículas facilmente carregadas (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006). De modo geral, pode-se afirmar que a erodibilidade tende a aumentar com o incremento do teor de silte mais areia fina (FERREIRA *et al.*, 2002).

O fato dessa granulometria ser predominante nos Gleissolos funciona como um indicativo da maior erodibilidade dessas partículas, uma vez que esses solos são formados principalmente por materiais erodidos nos arredores. Além disso, como os Gleissolos se encontram nas planícies de inundação, o alto teor de areia fina e silte não contribuem de maneira relevante para a erodibilidade desses solos, pois o próprio excesso de água nesses locais favorece a não estruturação do material que forma esses solos.

O fato de todos os solos da área de estudo, com exceção do Gleissolo do perfil de solo 2, apresentarem baixa fertilidade se deve ao fato do embasamento rochoso na área ser constituído por rochas naturalmente mais pobres. Além disso, todos os solos analisados possuem pH ácido.

Tais características também influenciam na erodibilidade dos solos de maneira negativa, pois quanto mais ácidos e inférteis são os solos, menor é o desenvolvimento da vegetação que, por sua vez, não consegue cumprir de maneira eficiente a sua função de proteção. No caso da área de estudo, nas áreas cuja cobertura são formações típicas do cerrado, a proteção do solo é inferior àquela que ocorre nas áreas sob cobertura de matas, como a Floresta Estacional Semi-decidual.

A partir dessas análises qualitativas, foram atribuídos valores para o nível de erodibilidade de cada uma das classes pedológicas identificadas no Alto Córrego Prata (rever Quadro 10), mas como os mapas de suscetibilidade erosiva se basearam no mapa pedológico gerado e esse possui unidades de mapeamento que englobam mais de uma classe pedológica, com base nos dados do Quadro 10, foi realizada a valoração de cada uma dessas unidades considerando o valor atribuído ao nível de erodibilidade da classe de solo predominante na unidade de mapeamento (rever Quadro 11).

5.2 – Influência da topografia na atuação de processos erosivos

5.2.1 – Declividade

Seguindo os critérios estabelecidos por Santos *et al.* (2005), o relevo do Alto Córrego Prata foi dividido em seis classes de intervalos de declive (rever Quadro 7) e a cada um desses intervalos foi atribuído um peso qualitativo e quantitativo quanto à sua contribuição para a maior ou menor suscetibilidade à erosão.

Nas áreas cuja declividade varia de 0 e 3%, o relevo é praticamente plano, a água tem bastante tempo para infiltrar no solo e praticamente não há escoamento superficial, conseqüentemente, a taxa de erosão é *muito baixa* ou até *ausente*, sendo assim, foi atribuído peso 1 a essas áreas.

Na medida em que há um aumento na declividade, há também um aumento no escoamento superficial da água. Isso porque, conforme explicitado por Bertoni & Lombardi Neto (1999), quanto maior o comprimento de rampa e da declividade do terreno, maior é a quantidade e a velocidade com que a água escoar sobre a superfície, pois a mesma não tem muito tempo para infiltrar no solo, favorecendo os processos erosivos como a erosão em sulco e laminar, bem como movimentos de massa. Baseado nisso, foram atribuídos pesos crescentes em conformidade com o aumento dos intervalos de declive.

Assim, para locais de declives entre 3 e 8%, cuja topografia é basicamente constituída por colinas ou pequenos montes, atribuiu-se peso 2 referente a *baixa* suscetibilidade erosiva. Para áreas com declives entre 8 e 20%, apesar de também serem constituídas por colinas ou pequenos montes, a topografia já passa a ser mais movimentada e foi atribuída peso 3, de *média* suscetibilidade erosiva.

Cabe destacar que o peso atribuído a esse último intervalo de declive (entre 8 e 20%) se baseou apenas na influência da declividade, desconsiderando o uso do solo. No entanto, sabe-se que são nesses locais de relevo ondulado que normalmente há as maiores taxas de perdas de solo. Isso porque se trata de um intervalo de declive cuja gravidade já começa a ser atuante, mas que não é forte o suficiente para impedir o uso agrícola, apesar de dificultar ou até impossibilitar o emprego de máquinas.

Seguindo a sequência, nas áreas de declives entre 20 e 45%, a topografia também é movimentada e há a formação de pequenos morros. Todavia, como se trata de morros mais declivosos que nas classes anteriores, foi atribuído a essas áreas peso 4, referente a uma *alta* suscetibilidade erosiva.

Para as classes de declive entre 45 e 75% e maiores que 75%, foi atribuído peso 5, de *muito alta* suscetibilidade erosiva, porque ambas são consideravelmente declivosas e o predomínio é de um relevo com formas acidentadas, abruptas ou com desnivelamentos grandes.

No caso de áreas muito declivosas, como praticamente não há infiltração da água, além de favorecer os processos erosivos decorrentes do forte escoamento superficial, a pedogênese é pouco atuante, sendo comum a ocorrência de afloramentos rochosos ou de solos bastante jovens, como os Neossolos.

Observando o mapa de declividade do Alto Córrego Prata (Figura 25), pode-se afirmar que o predomínio é de declives entre 8 e 45%. Portanto, se a suscetibilidade à erosão da área de estudo fosse baseada apenas na declividade, haveria um predomínio de áreas de média a alta suscetibilidade. Esse intervalo de declive envolve um relevo caracterizado por uma topografia movimentada e basicamente formada por colinas e morros cortados por vales onde nascem os cursos d'água que afluem para o córrego Prata (Figura 26).

O Quadro 12 (rever) sintetiza os valores atribuídos à suscetibilidade erosiva de cada um desses intervalos de declive.

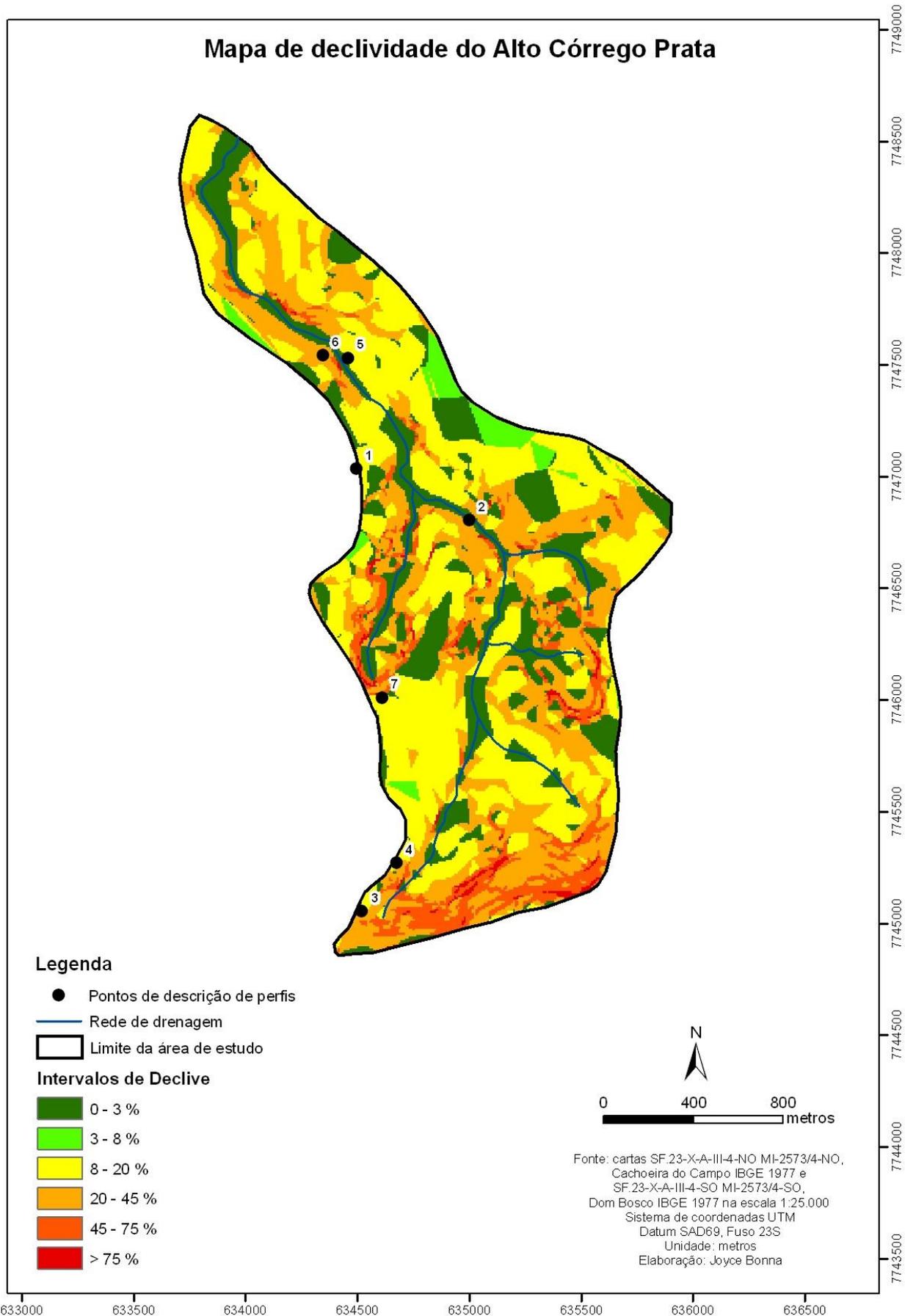


Figura 25: Mapa de declividade do Alto Córrego Prata.

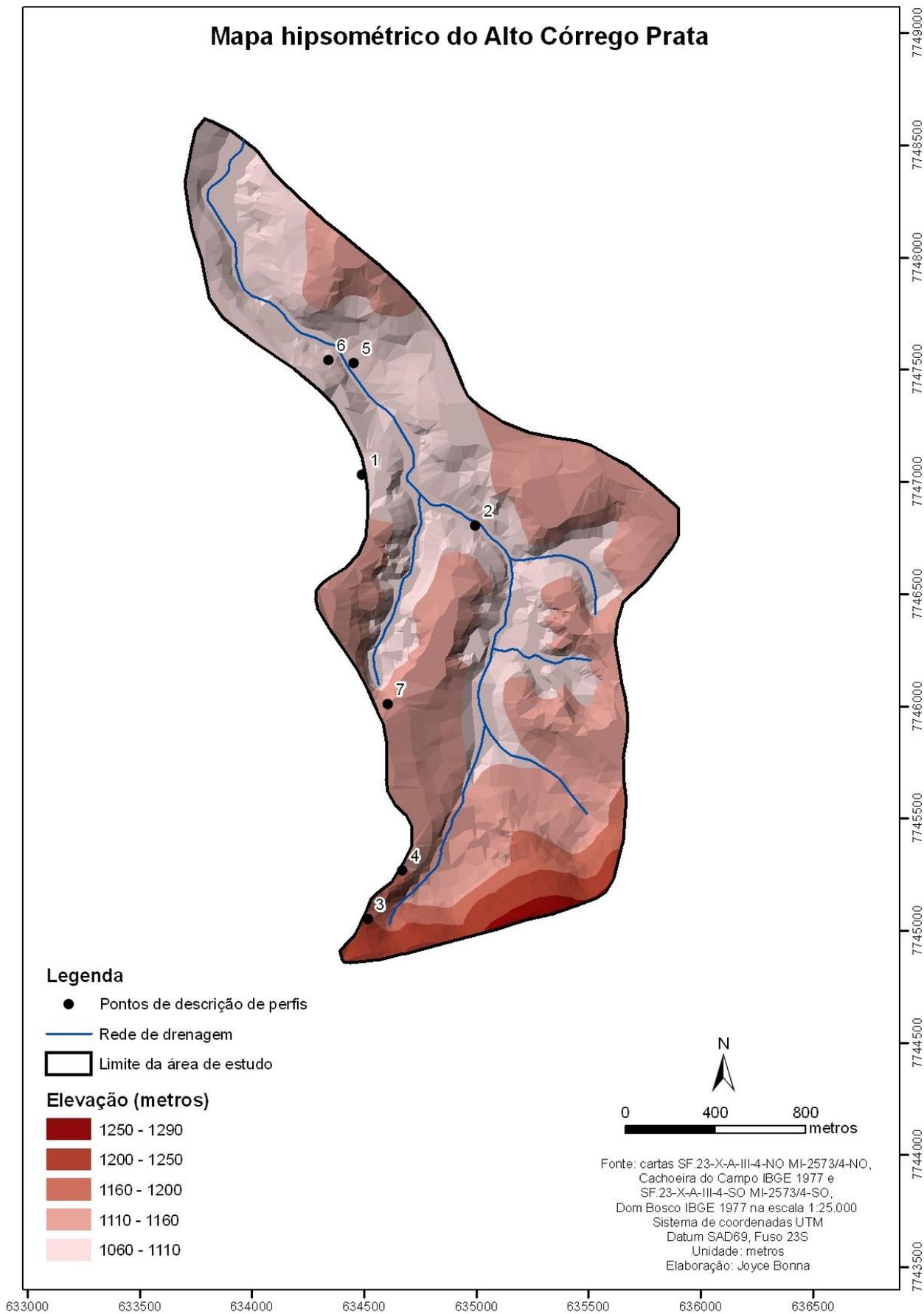


Figura 26: Mapa hipsométrico do Alto Córrego Prata.

5.2.2 – Posição na paisagem

Além da declividade, a posição na paisagem também influencia na suscetibilidade à erosão. Sendo assim, a partir da interpretação dos mapas de declividade e hipsométrico, foi gerado um mapa que dividiu o relevo do Alto Córrego Prata em três posições principais:

Os *vales e/ou baixadas* compreendem áreas de relevo plano a suave ondulado nas porções mais baixas do relevo. Isto é, onde os processos de vertente, como o transporte de partículas, praticamente não atuam, mas que são receptoras de sedimentos provenientes dos arredores mais elevados. São também nesses vales que se encontram as planícies fluviais.

Já as *vertentes* envolvem a parte mais movimentada do relevo – áreas com intervalos de declive maiores que 8%, compreendidas entre interflúvios ou topos de morro até o início de áreas de relevo plano a suave ondulado. Trata-se das porções da paisagem mais suscetíveis à erosão.

Os *topos de morro aplainados*, por sua vez, são menos íngremes que as vertentes e normalmente possuem topografia suave (declividades entre 0 e 8%). Apesar disso, não estão isentas à erosão, por isso foram consideradas áreas de média suscetibilidade erosiva.

Essas unidades de posição na paisagem se encontram delimitadas na Figura 27 e a atribuição de pesos a cada uma delas foi sintetizada no Quadro 13 (rever).

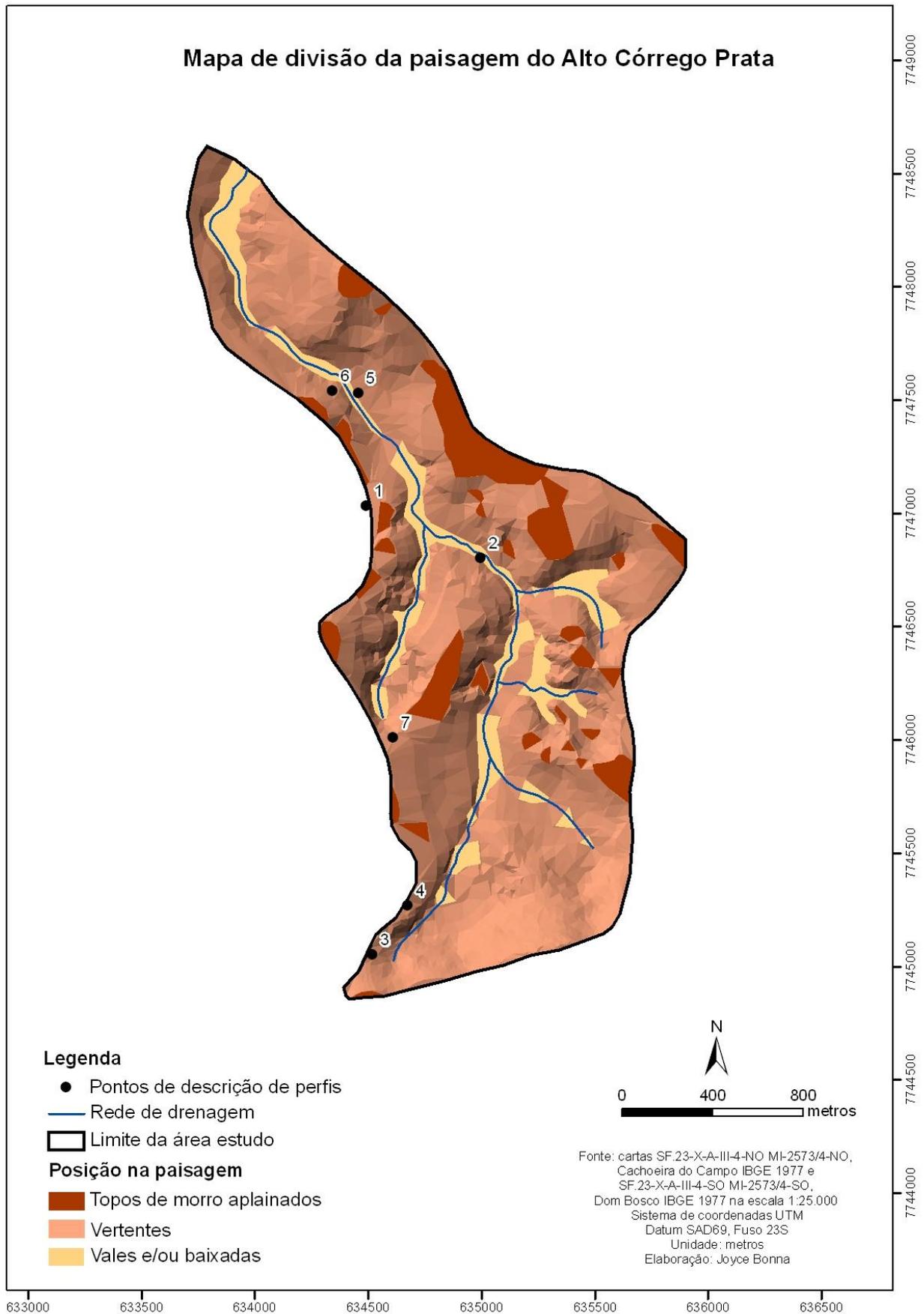


Figura 27: Mapa de divisão da paisagem no Alto Córrego Prata

5.3 – Influência da ocupação do solo na atuação dos processos erosivos

5.3.1 – Coberturas naturais

Como citado na revisão de literatura, uma das funções da cobertura vegetal é proteger o solo dos agentes erosivos, especialmente da ação da água das chuvas quando se trata de regiões de climas úmidos e sazonais, como em Santo Antônio do Leite (Ouro Preto/MG).

Quanto mais densa a cobertura vegetal, maior é a interceptação das gotas de água das chuvas e a concentração de matéria orgânica nos solos, o que, por sua vez, favorece a estruturação e o aumento da porosidade dos solos, conseqüentemente, facilita a infiltração e a retenção de água no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999 e GUERRA & CUNHA, 2005). Lembrando que o crescimento das raízes das plantas também favorece a formação de canais e o aumento da porosidade dos solos (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2006).

No Alto Córrego Prata, foram observadas áreas de mata, cerrado, campos sujos e campos cerrados (Figura 28).



Figura 28: Formações vegetais típicas da região de estudo.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.

As áreas de mata normalmente se encontram próximas ou associadas aos mananciais de água e compõem a cobertura vegetal mais densa do Alto Córrego Prata (Figura 29). Exatamente por isso, acredita-se que os solos dessas áreas se encontrem sob máxima proteção externa. Diante disso, para fins do mapeamento de suscetibilidade erosiva, o potencial de ocorrência de erosão nessas áreas foi considerado *ausente a muito baixo*.



Figura 29: Vegetação de mata.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Setembro de 2009.

O cerrado, os campos sujos e os campos cerrados, também são típicos da região de estudo. Essas formações vegetais normalmente se encontram sobre solos mais ácidos e quimicamente pobres, como é o caso da maior parte dos solos locais. Trata-se de coberturas menos densas que as matas, especialmente os campos cerrados, cujo predomínio é das espécies herbáceas.

Ressalta-se ainda que os campos sujos e campos cerrados, ao contrário do cerrado típico, muitas vezes situam sobre solos rasos (BNDES, CNPM & EMBRAPA, 2011), situação identificada na área de estudo (Figura 30).



Figura 30: Campos sujos em local onde se encontram Neossolos.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Agosto de 2010.

No Alto Córrego Prata, os campos sujos e campos cerrados são aparentemente dominantes em relação ao cerrado típico. E apesar de não haver dados suficientes para se afirmar que esse predomínio esteja relacionado à ação antrópica, com base no histórico de ocupação da região, pode ser que parte desses campos sujos e campos cerrados sejam antigas áreas de mata ou de cerrado típico, mas que foram desmatados ou alterados para a inserção de pastagens e cultivos agrícolas.

Essas áreas foram classificadas com *médio* potencial de ocorrência de processos erosivos, pois apesar de típicas da região, além de menos densas, estão mais sujeitas a ocupação e interferência antrópica que as áreas de mata, como o uso dessas áreas para pastagens.

5.3.2 – Coberturas antrópicas

As áreas de pastagem são relativamente semelhantes aos campos cerrados, pois são predominantemente constituídas por vegetação de porte herbáceo que, por sua vez, é menos eficiente na proteção do solo contra o efeito *splash*.

A principal diferença das pastagens para os campos cerrados é que nessas o solo é mais compactado em razão do pisoteio do gado. Como consequência, há uma diminuição da

porosidade e da taxa de infiltração nesses solos, logo, há também um aumento no escoamento superficial da água e na atuação dos processos erosivos decorrentes desse (Figura 31). Com base nessas informações, o potencial à erosão dessas áreas foi considerado de *médio a alto*.

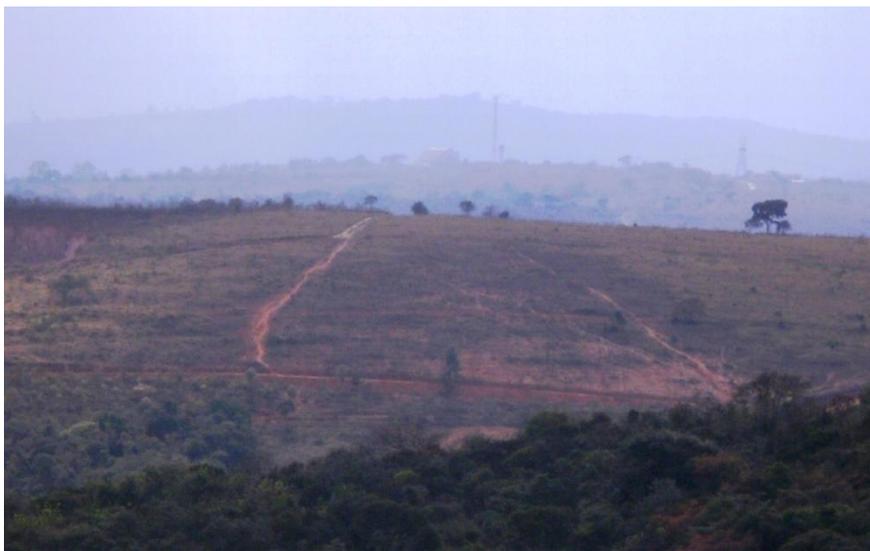


Figura 31: Pastagem com processos erosivos observada na área de estudo.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Agosto de 2010.

Outra forma de utilização do solo no Alto Córrego Prata é a agricultura. No caso de cultivos sazonais e/ou anuais, o solo é mais frequentemente revolvido, logo, está mais sujeito a perdas por erosão. Sendo assim, o potencial de erosão dessas áreas foi considerado *alto*. Destaca-se ainda que foram observadas áreas agrícolas com diferentes graus de atuação dos processos erosivos (Figuras 32 e 33).



Figura 32: Área de cultivo agrícola sem processos erosivos aparentes (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634796.43 E / 7747083.56 S). **Fonte:** Imagem Google Earth, Setembro de 2011.



Figura 33: Área de cultivo agrícola com processos erosivos em atuação (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634883.23 E / 7746704.77 S). **Fonte:** Imagem Google Earth, Setembro de 2011.

Já nos cultivos semiperenes e/ou perenes, como a silvicultura (Figura 34), o revolvimento do solo é menos frequente e praticamente se concentra nas fases de retirada da cobertura original para o plantio e no período de corte, que no caso do eucalipto, normalmente demanda um tempo mínimo de 5 anos para ocorrer.



Figura 34: Cultivo de eucalipto observado na área de estudo.
Fonte: Fotografia obtida em campo em Agosto de 2010.

Nos primeiros anos da cultura do eucalipto, as copas das árvores ainda não são desenvolvidas o suficiente para recobrir e proteger os solos do efeito *splash* de maneira eficiente. Além disso, a forma como o eucalipto é normalmente disposto em linhas e morro abaixo, favorece a formação de caminhos preferenciais para o escoamento superficial da água, o que facilita a formação de sulcos que, por sua vez, podem evoluir para ravinas e voçorocas. Inclusive, conforme já explicitado, foram observados sulcos e ravinas nas áreas de silvicultura (Figura 21).

Apesar disso, há que se reconhecer o maior porte e a elevada quantidade de matéria orgânica e serrapilheira que o cultivo do eucalipto gera sobre os solos – fatores extremamente importantes e que contribuem para a menor suscetibilidade erosiva desses solos, tal como explica Scolforo & Boff (2008):

Nas florestas naturais e plantios arbóreos como o eucalipto (...) há a reposição e incorporação constante de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo através da devolução, após a colheita, de cascas, folhas e galhos (...). Esses fatores protegem o solo contra a erosão e compactação causada pela chuva, melhorando a infiltração da água e a redução da velocidade de queda da chuva pela interceptação dos galhos e folhas das copas. Dessa forma, observa-se que a perda de solo no cultivo do eucalipto é inferior àquelas apresentadas por outras culturas agrícolas (...). (p.28).

A partir das informações levantadas e expostas, o potencial de erosão dessas áreas foi considerado *médio* comparado às outras formas de coberturas identificadas na área de estudo.

Vale destacar ainda que os próprios moradores da comunidade Catete plantaram algumas unidades de eucalipto no interior de uma das voçorocas para conter os processos erosivos (Figura 20) e, apesar de não ser uma planta típica da região trouxe resultados positivos, favorecendo a cobertura de solos antes completamente desnudos. Entretanto, nas paredes mais íngremes dessa voçoroca, os eucaliptais acabaram descendo com os barrancos durante as chuvas.

Por fim, outra forma de ocupação antrópica identificada na área de estudo são as áreas urbanas. Segundo Pedron *et al.* (2004), os solos urbanos exercem a função de suporte para obras civis, agriculturas urbanas e suburbanas e áreas verdes. Os mesmos autores destacam que os principais processos de alteração desses solos são a compactação e o revolvimento de seus horizontes. Bueno (2009) complementa que os espaços urbanizados apresentam muitas áreas impermeabilizadas e que não há erosão nas mesmas, mas onde há cobertura vegetal, essas são menos densas e, portanto, mais suscetíveis à erosão.

Particularmente no Alto Córrego Prata, as áreas urbanas não formam aglomerados adensados (Figura 35), pelo contrário, há moradias próximas e alinhadas, mas ainda há muitas moradias tipicamente rurais e relativamente espalhadas em meio às áreas verdes e cultivos agrícolas, como a Comunidade do Catete (Figura 36).

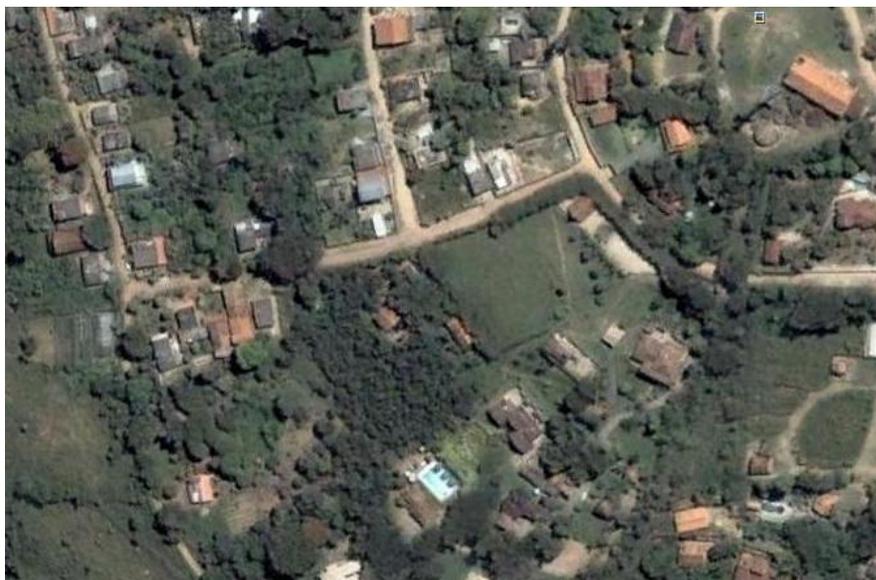


Figura 35: Área urbana do Alto Córrego Prata (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634262.16 E / 7747921.68 S).
Fonte: Imagem Google Earth, Setembro de 2011.



Figura 36: Comunidade Catete (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634606.45E / 7745758.10 S).
Fonte: Imagem Google Earth, Setembro de 2011.

É reconhecido que nesses espaços urbanizados o tráfego de pessoas e meios locomotivos seja maior. No entanto, grande parte das vias internas da comunidade ainda não é asfaltada ou calçada, bem como não há estruturas de drenagem instaladas (ex.: canaletas), sendo comum a presença de sulcos nas estradas (Figura 22).

Com base nas informações levantadas, o potencial de ocorrência de processos erosivos nas áreas urbanas foi classificado como *médio*.

5.3.3 – Solos expostos e voçorocas

Além das áreas vegetadas e ocupadas, também foram identificados locais com solos expostos (Figura 37) e voçorocas ativas (Figura 38). Nesses locais o potencial à erosão foi considerado *muito alto*, visto que os solos se encontram completamente desprotegidos e sujeitos ao arraste pela água. Lembrando ainda que nesses locais completamente desnudos os sedimentos mais finos e desagregados formam uma espécie de capa seladora do solo (capa síltica) que acaba por dificultar a infiltração da água e favorecer o escoamento superficial.



Figura 37: Solo exposto identificado no Alto Córrego Prata (Coordenadas UTM fuso 23 K: 635757.94 E / 7746884.43 S). **Fonte:** Imagem Google Earth, Setembro de 2011.



Figura 38: Voçoroca ativa no Alto Córrego Prata (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634550.36 E / 7746642.17 S).
Fonte: Imagem Google Earth, Setembro de 2011.

Também foram observadas voçorocas revegetadas e outras parcialmente ativas. Aquelas consideradas revegetadas se apresentavam completamente ou em sua maior parte cobertas por vegetação de portes diversos (Figuras 39 e 40). Inclusive, segundo um dos moradores locais, uma dessas voçorocas revegetada é na realidade alvo de uma pesquisa que está sendo desenvolvida pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).



Figura 39: Voçoroca estável no Alto Córrego Prata (Coordenadas UTM fuso 23 K: 635071.36 E / 7746835.51 S).
Fonte: Imagem Google Earth, Setembro de 2011.



Figura 40: Parede de voçoroca revegetada por pesquisadores da UFV vista em detalhe (Coordenadas UTM fuso 23 K: 635071.36 E / 7746835.51 S). **Fonte:** Fotografia obtida em Junho de 2009.

Já as voçorocas consideradas parcialmente ativas apresentavam tanto áreas de solo exposto, quanto áreas revegetadas, sendo as áreas revegetadas mais concentradas no fundo das voçorocas, onde a umidade é maior e a topografia é mais plana (Figura 41).



Figura 41: Voçoroca parcialmente ativa no Alto Córrego Prata (Coordenadas UTM fuso 23 K: 634538.43 E / 7746230.43 S). **Fonte:** Imagem Google Earth, Setembro de 2011.

O potencial de erosão das voçorocas revegetadas foi considerado *baixo*, pois, apesar de cobertas por uma vegetação predominantemente de pequeno porte, como não são utilizadas e se encontram próximas às áreas de mata, a tendência é que a vegetação dessas voçorocas continue em desenvolvimento e proteja os solos cada vez mais. Já nas voçorocas parcialmente ativas, esse potencial foi considerado *alto*, porque ainda possuem muitas áreas de solo exposto, apesar dessas serem menores que aquelas observadas nas voçorocas ativas.

Cita-se ainda que ao comparar fotografias aéreas da década de 1960 com as imagens atuais, foi possível verificar que as áreas mais atingidas pelos processos erosivos, especialmente as voçorocas, continuam as mesmas. Além disso, grande parte da vegetação que recobre a área se encontra mais desenvolvida atualmente, provavelmente em razão da agropecuária ter perdido força na região, apesar de ainda presente (Figura 42). Santos (2001) chegou a essa mesma conclusão ao comparar fotografias aéreas da região datadas de 1949 a 1986.

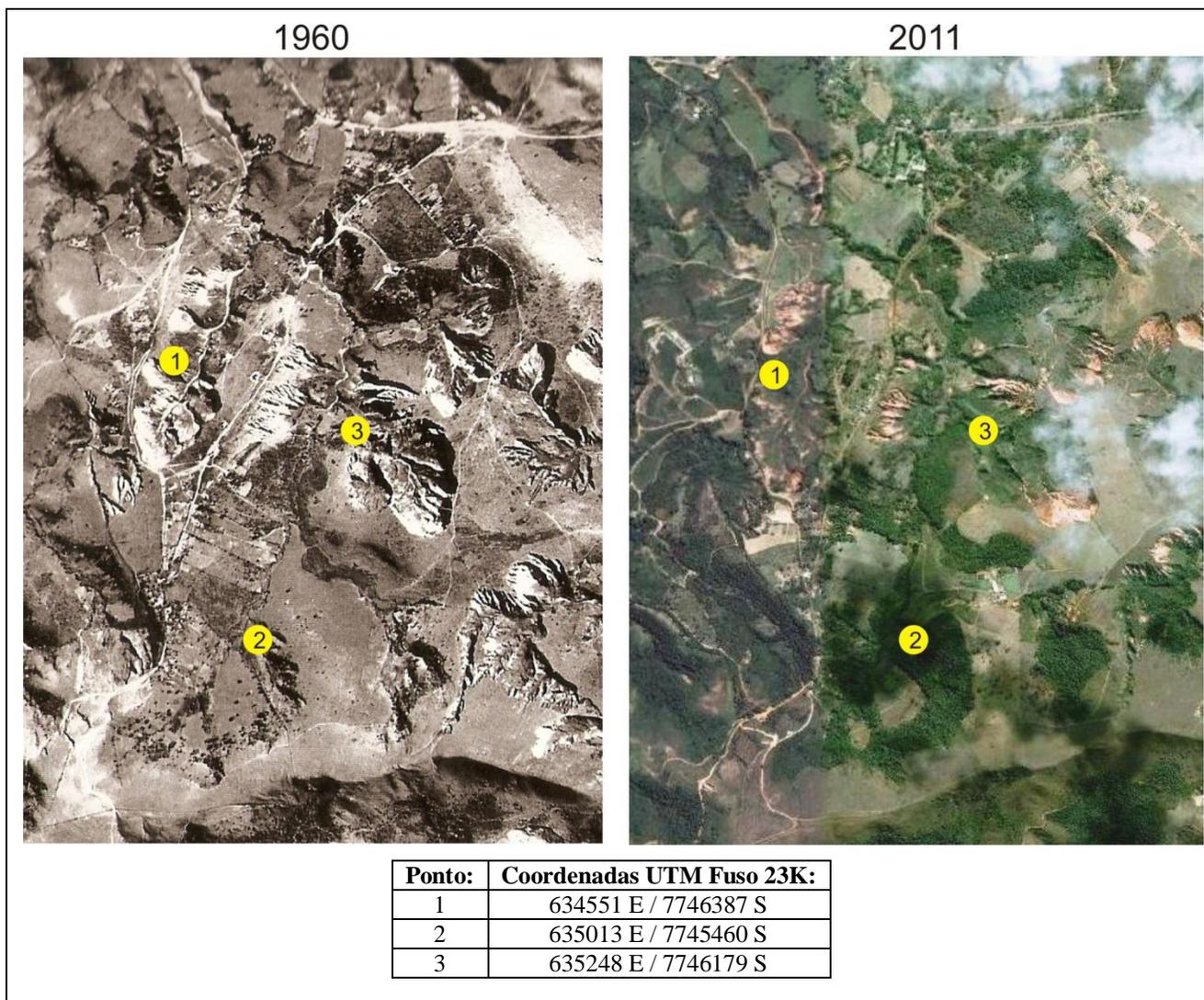


Figura 42: Comparação da cobertura vegetal em diferentes pontos da área de estudo em 1960 e 2011.
Fonte: Adaptação da imagem aérea “Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul 046-B, faixa 13, número 14018 de 1960” e da imagem de satélite Google Earth em Setembro de 2011.

Semelhante ao que foi realizado com os outros parâmetros utilizados no mapeamento de suscetibilidade erosiva, o Quadro 14 (rever) sintetiza os valores atribuídos às classes de potencial a erosão das principais formas ocupação dos solos observadas no Alto Córrego Prata. Já a distribuição das diferentes formas de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata se encontra representada na Figura 43.

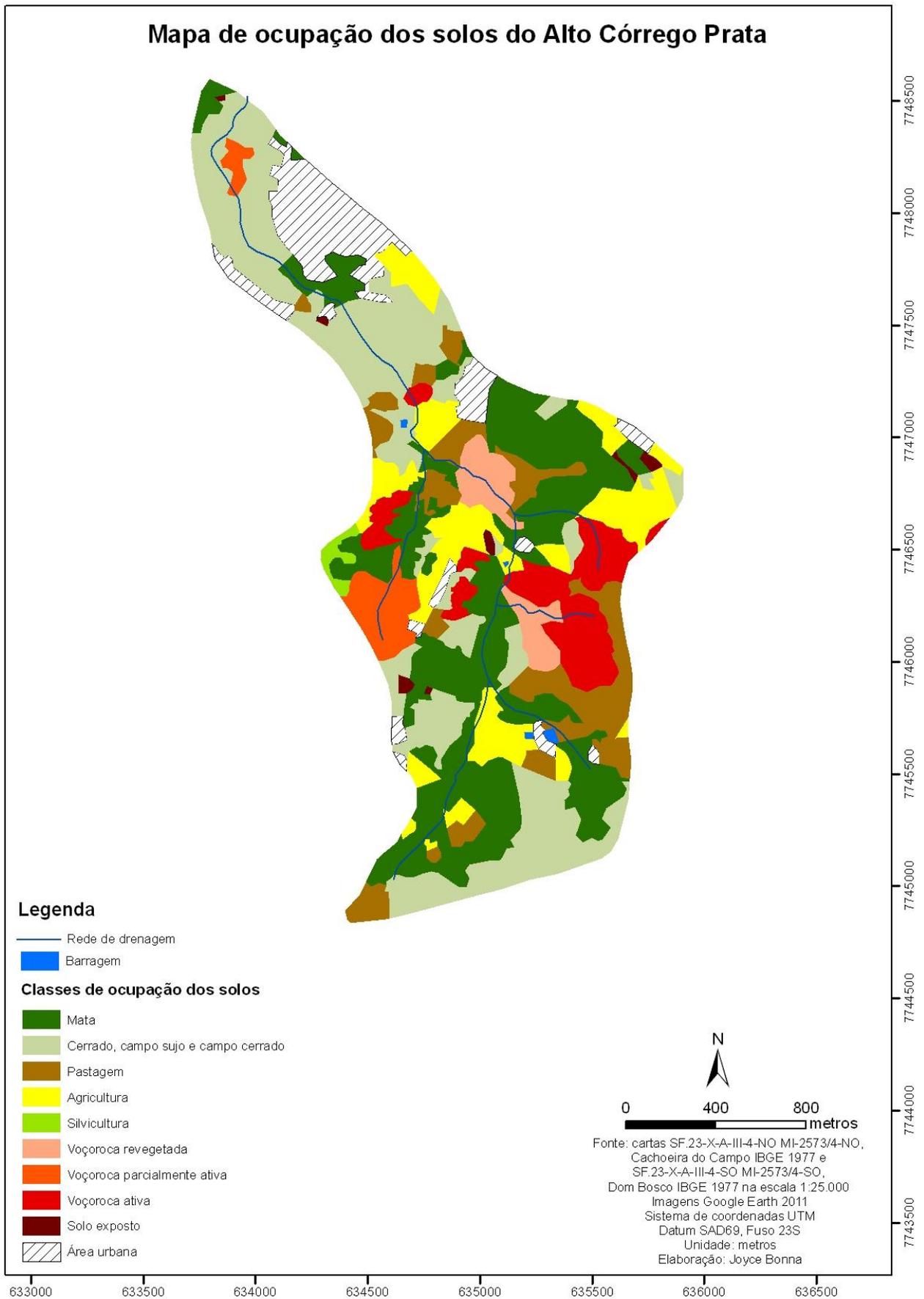


Figura 43: Mapa de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata.

Como pode ser verificado na Figura 44, as coberturas naturais (matas e formações do cerrado) recobrem cerca de 53,95% do total da área de estudo, o que é uma porcentagem considerável.

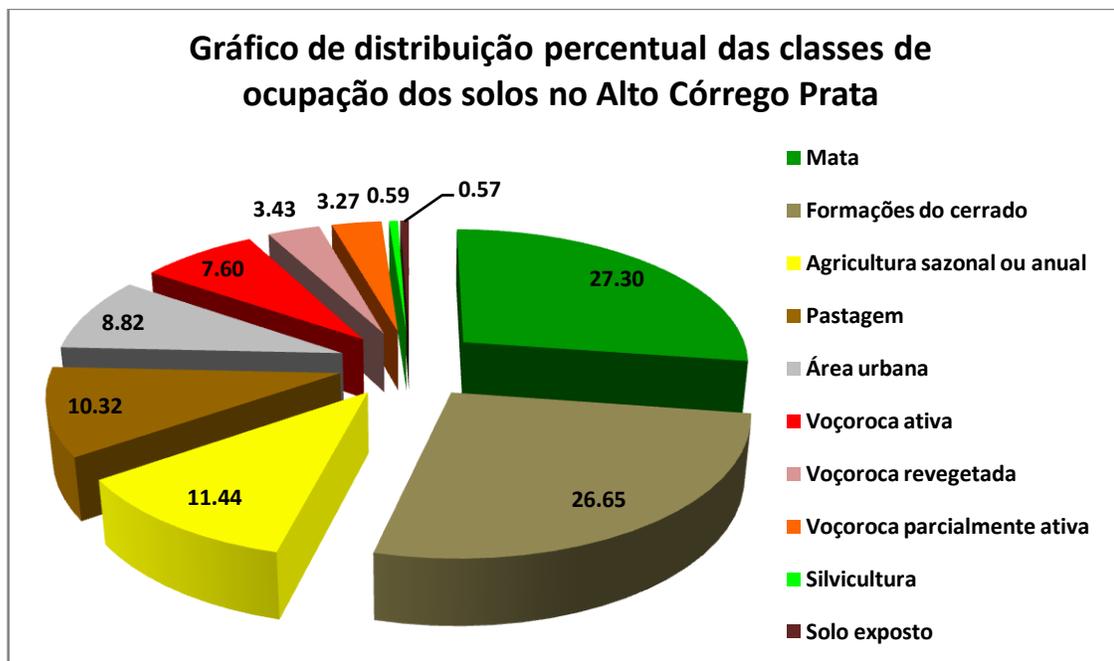


Figura 44: Distribuição percentual das classes de ocupação dos solos no Alto Córrego Prata.

Todavia, é inegável a presença marcante de voçorocas, essas ocupam aproximadamente 14,31% de toda a área de estudo. Apesar das voçorocas apresentarem diferentes níveis de estabilidade, as voçorocas revegetadas (3,43%) ainda são uma minoria em relação às voçorocas ativas e parcialmente ativas (10,87%).

No que diz respeito aos usos antrópicos, as atividades agrícolas (11,44%) e de pecuária (10,32%) ainda são predominantes em relação ao uso urbano (8,82%). Lembrando que dessas formas de uso, a agricultura sazonal e anual é exatamente a que mais contribui para a degradação e perda de solos (LEPSCH, 2002).

5.4 – Mapas de suscetibilidade à erosão

5.4.1 – Mapa de suscetibilidade natural à erosão

A Figura 45 ilustra a suscetibilidade à erosão do Alto Córrego Prata com base nos dados referentes à influência do relevo (Figuras 25 e 27) e a erodibilidade dos solos (Figura 19).

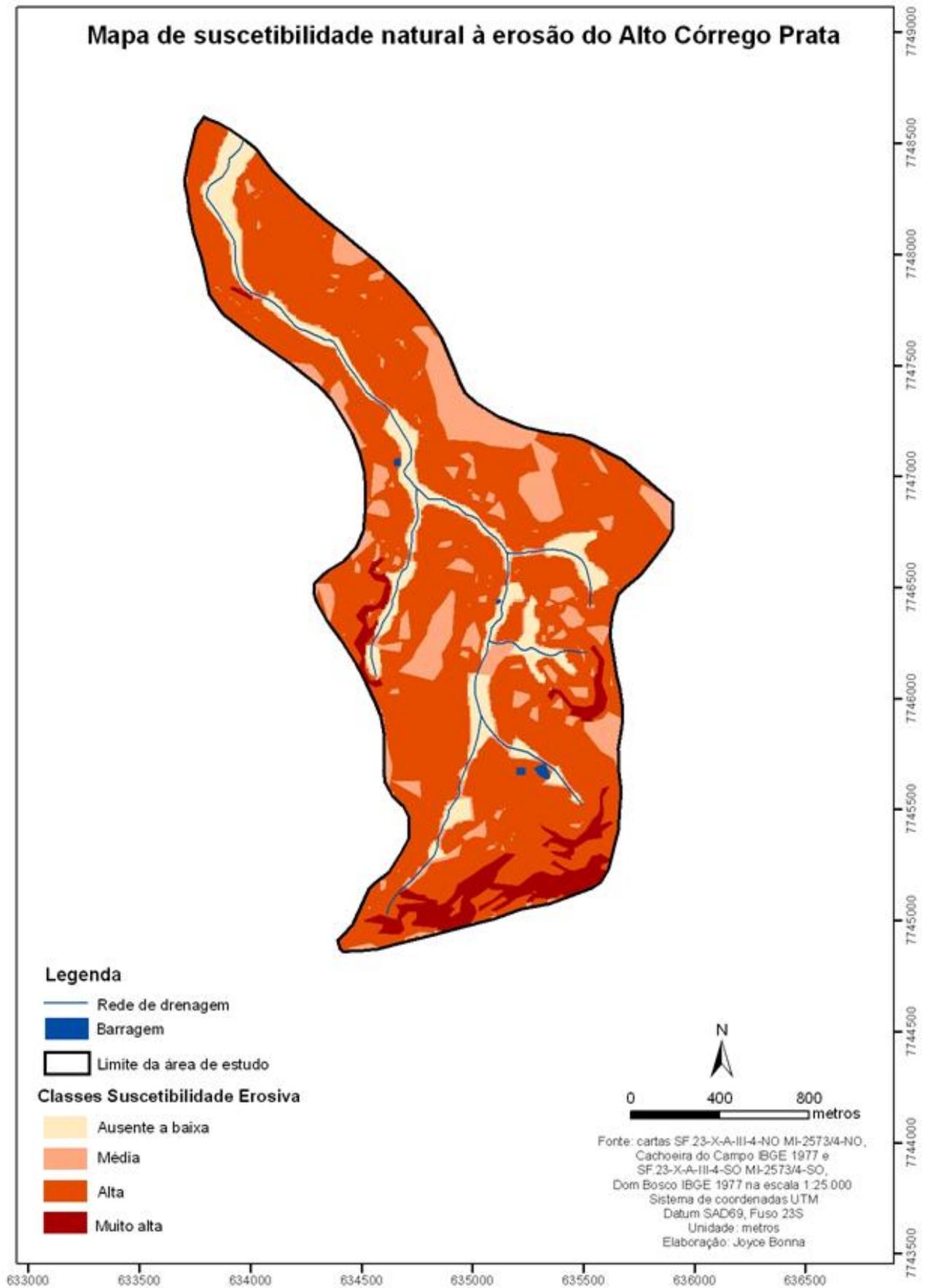


Figura 45: Mapa de suscetibilidade natural à erosão do Alto Córrego Prata.

A partir da observação do mapa de suscetibilidade natural à erosão e da Figura 46 é inegável o predomínio das áreas de *alta* suscetibilidade à erosão no Alto Córrego Prata.

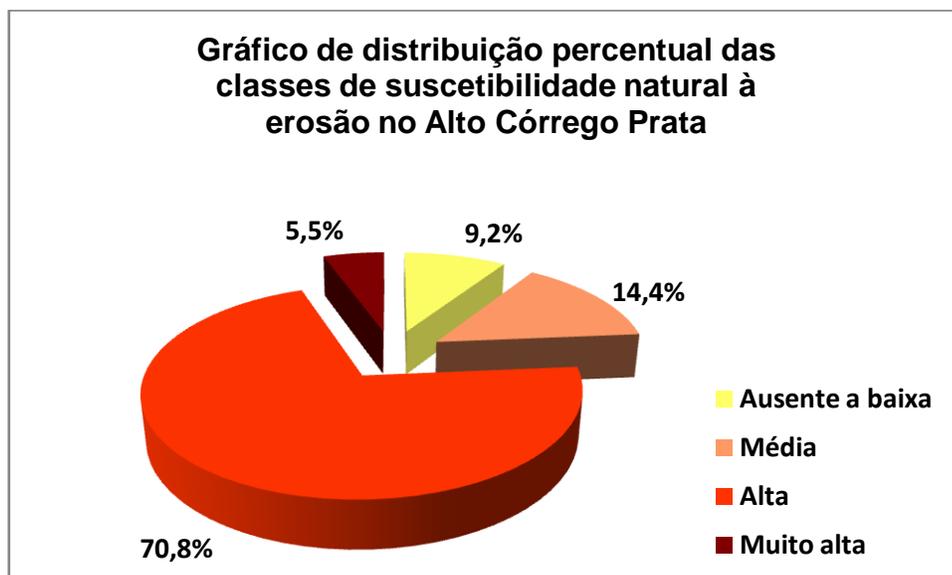


Figura 46: Distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural à erosão.

Como esse mapa foi gerado a partir dos dados de influência do relevo e da erodibilidade dos solos, a classe de *alta* suscetibilidade erosiva reflete, em sua maior parte, a média dos valores atribuídos às áreas de vertentes com intervalos de declive que variam de 8 a 45%, e onde se encontram Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, ou esses em associação com Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos²³. Tal resultado é coerente com a realidade local, visto que a maioria dos processos erosivos observados na área de estudo e, principalmente as voçorocas, se encontram nas vertentes sobre os Cambissolos e Latossolos.

As áreas de *muito alta* suscetibilidade à erosão também se encontram normalmente sobre áreas de vertentes, mas essas são normalmente ainda mais declivosas. Exatamente por isso, é também mais comum que nesses locais se encontrem Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos Distróficos típicos e Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos. Logo, tanto as características do relevo (muito declivoso), quanto à erodibilidade desses solos (mais erodíveis) favoreceram a classificação dessas áreas como *muito alta* suscetibilidade.

²³ Trata-se das classes de declive, posição na paisagem e pedológicas também predominantes na área de estudo (rever Figuras 19, 25 e 27).

Apesar dessas áreas de muito alta suscetibilidade geralmente se encontrarem sobre Neossolos (ex.: porção sul da área de estudo), os processos erosivos mais intensos, como as voçorocas, só se desenvolvem sobre solos mais evoluídos – lembrando que a formação de voçorocas envolve uma série de processos que não apenas a erosão hídrica em superfície. Além disso, segundo Bacellar (2000), as voçorocas da região estão muito relacionadas à estrutura geológica e geomorfológica, concentrando-se em áreas com pequenos desnivelamentos, a montante de níveis de base locais.

Já as áreas de *média* suscetibilidade foram observadas principalmente nos topos de morro com intervalos de declive entre 0 e 8% e onde ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos.

Por fim, as áreas onde a suscetibilidade à erosão é *baixa* ou *ausente*, englobam os vales aplainados ou planícies de inundação, isto é, áreas com declives entre 0 e 3% e onde se encontram Gleissolos Háplicos Tb Distróficos típicos em associação com Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos típicos.

O Quadro 26 sintetiza as principais classes pedológicas, intervalos de declive e posições na paisagem relacionadas às classes de suscetibilidade erosiva natural da área de estudo.

Quadro 26: Principais características das classes de suscetibilidade natural à erosão no Alto Córrego Prata

Classe de suscetibilidade à erosão:	Tipos de solos:	Intervalos de declive (%):	Posição na paisagem:
Ausente a baixa	Gleissolos Háplicos Tb Distróficos típicos e Gleissolos Háplicos Tb Eutróficos típicos	0-3%	Vales aplainados
Média	Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos	0-8%	Topos de morro aplainados
Alta	Cambissolos Háplicos Distróficos latossólicos e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos	8-45%	Vertentes
Muito alta	Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos Distróficos típicos e Cambissolos Háplicos Distróficos latossólicos	>20%	Vertentes

De maneira geral, pode-se concluir que: quanto mais íngreme a área, mais suscetível à erosão; e quanto menos desenvolvidos são os solos, mais rápida é a exposição do saprolito e mais fácil é a saturação desses solos, logo, maior é também o escoamento superficial da água e a atuação dos processos erosivos decorrentes desse. No entanto, em solos menos desenvolvidos a

quantidade de material passível de transporte é menor. Além disso, é natural que os processos erosivos que atingem o lençol freático, como é o caso das voçorocas, ocorram sobre solos mais desenvolvidos e próximos as redes de drenagem – principalmente em solos onde o saprolito é relativamente próximo a superfície e, portanto, mais facilmente atingido, como é o caso tanto dos Cambissolos, quanto dos Latossolos da área de estudo.

5.4.2 – Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado à ocupação dos solos

Também foi elaborado um mapa de suscetibilidade à erosão final que, além da influência do relevo e da erodibilidade dos solos, considerou os valores atribuídos às diversas formas de ocupação dos solos identificadas no Alto Córrego Prata (Figura 47).

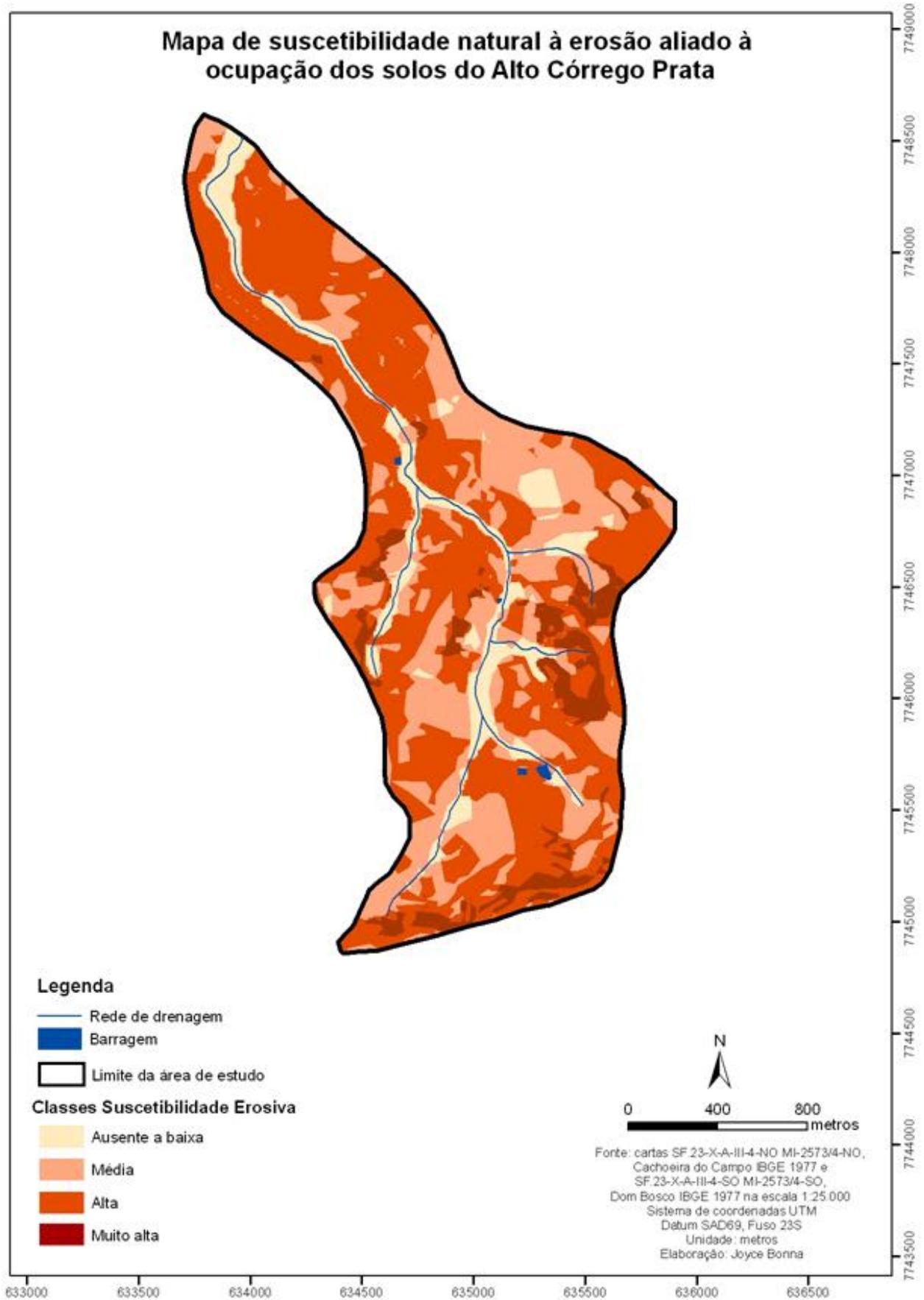


Figura 47: Mapa de suscetibilidade natural à erosão aliado a ocupação dos solos no Alto Córrego Prata.

As áreas de *alta* suscetibilidade à erosão também são predominantes no mapa de suscetibilidade erosiva final (Figura 48). Entretanto, houve uma diminuição no percentual dessas áreas em relação ao percentual dessa mesma classe de suscetibilidade no Mapa de suscetibilidade natural à erosão que não considerou a ocupação dos solos (Figura 49).

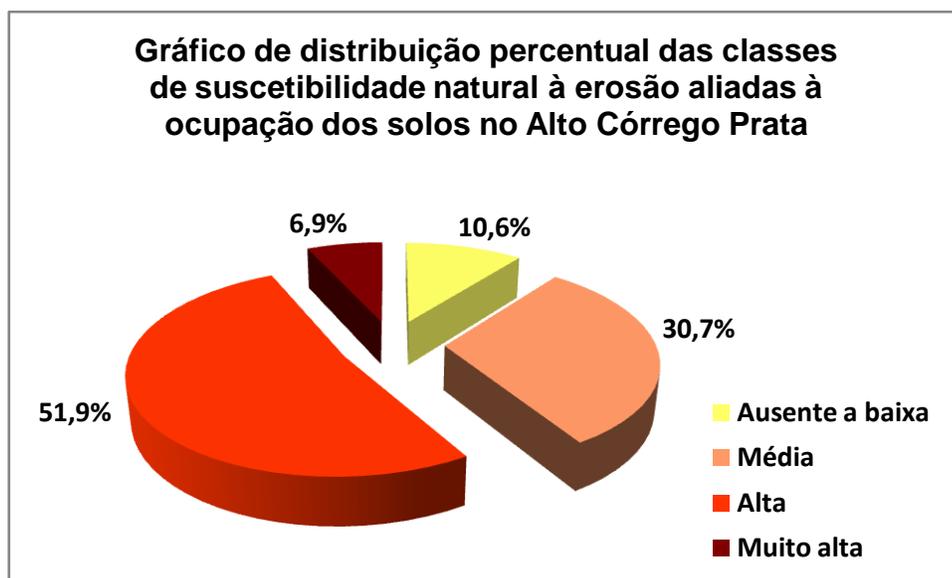


Figura 48: Distribuição percentual das classes de suscetibilidade natural à erosão aliadas à ocupação dos solos.

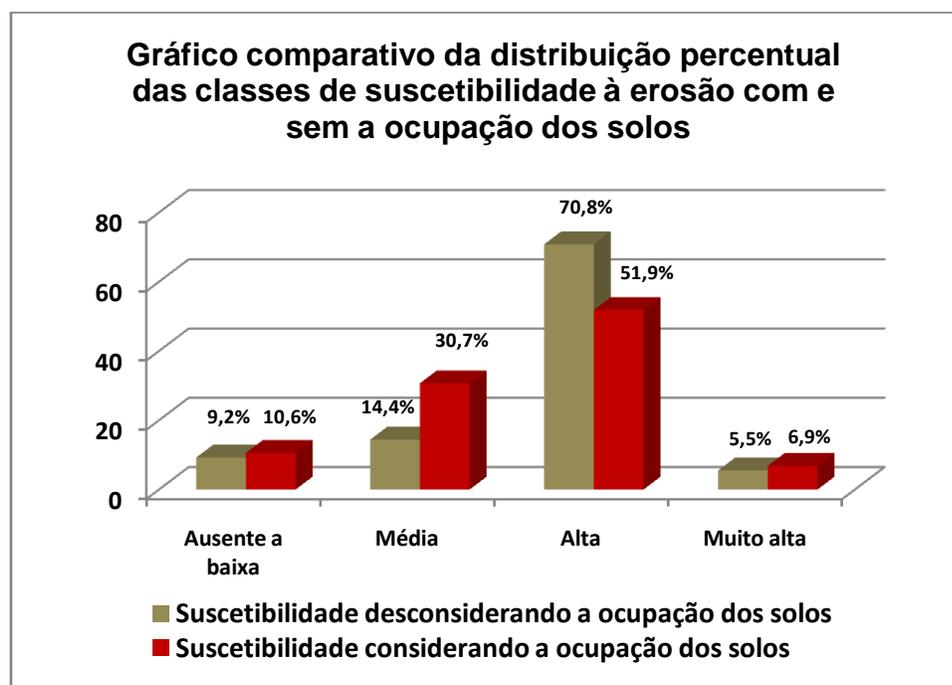


Figura 49: Comparação da distribuição percentual das classes de suscetibilidade à erosão com e sem a análise de ocupação dos solos.

Em um primeiro momento poderia se concluir que a interferência antrópica estivesse sendo positiva para os solos do Alto Córrego Prata, já que houve uma diminuição nas áreas de *alta* suscetibilidade à erosão quando se acrescentou o parâmetro de ocupação dos solos. Ou ainda que os valores atribuídos às classes de ocupação tenham sido subestimados, levando a uma diminuição dos valores finais obtidos no cruzamento de todos os parâmetros avaliados.

Entretanto, observando a Figura 50 é possível perceber que as áreas anteriormente classificadas como *alta* e *média* suscetibilidade erosiva passaram para *média* e *baixa*, respectivamente, nos locais sob cobertura de matas. Logo, pode-se dizer que onde as matas se encontram preservadas dentro da área de estudo, houve uma diminuição da suscetibilidade à erosão e como cerca de 27% da área de estudo se encontra sob essa cobertura, a inserção do parâmetro de ocupação dos solos levou a uma alteração significativa na distribuição das classes de suscetibilidade como um todo.

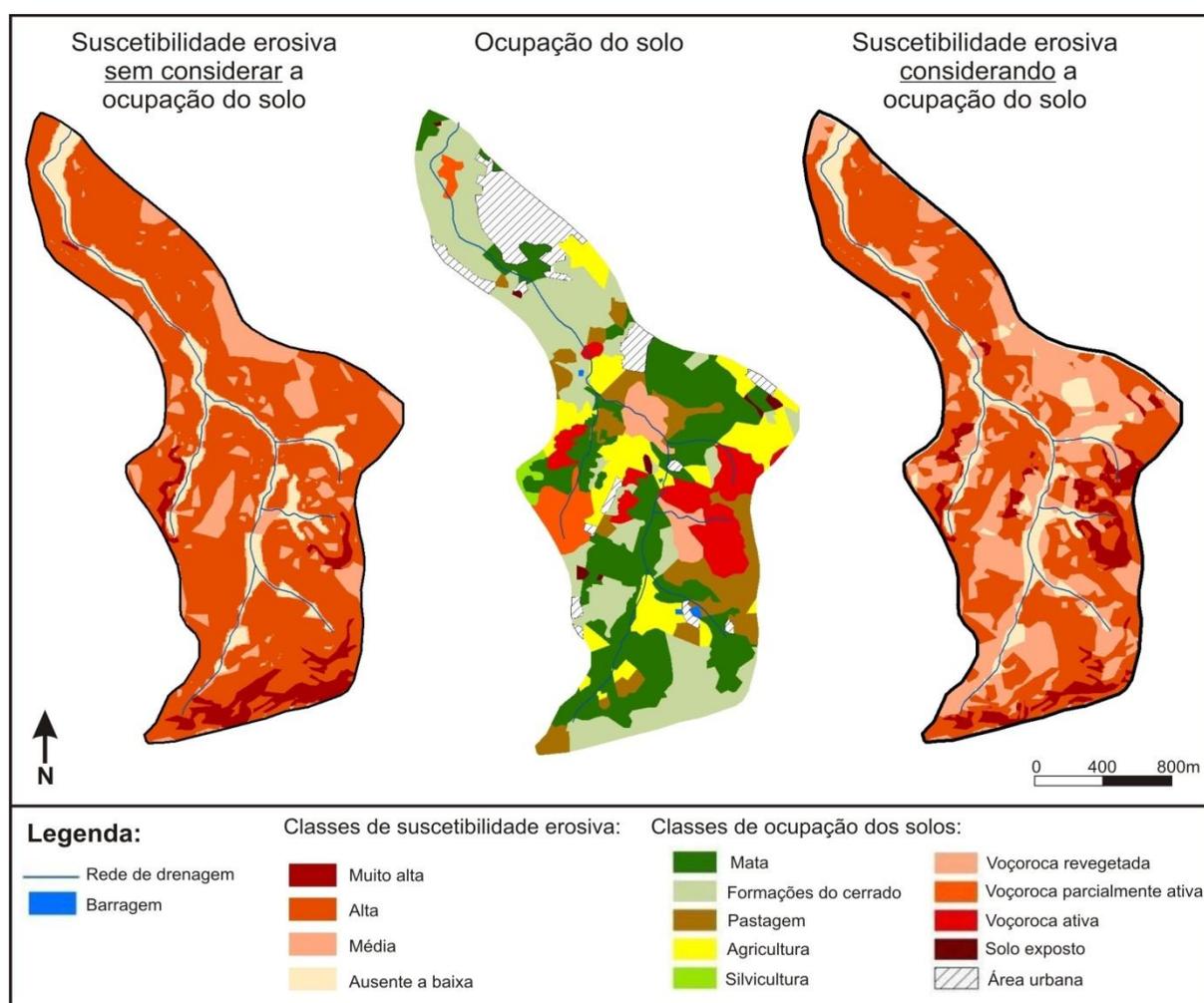


Figura 50: Variação das classes de suscetibilidade erosiva com e sem a análise de ocupação dos solos.

Na porção sul da área de estudo, alguns locais anteriormente classificados como *muito alta* suscetibilidade passaram para *alta* (Figura 50) devido à inserção do valor atribuído à cobertura de formações típicas do cerrado. Apesar dessas formações não serem tão eficientes na proteção dos solos quanto às matas, pois são muito menos densas, protegem mais os solos do que as outras formas de ocupação identificadas na área – informação que pesou na análise qualitativa e quantitativa dessas coberturas. Mas com exceção dessa área, praticamente não houve alterações na suscetibilidade à erosão das outras áreas ocupadas por formações do cerrado, provavelmente porque já eram áreas com relevos e solos de erodibilidade medianas, enquanto na porção sul, o que pesou para a diminuição da classe de suscetibilidade foram às coberturas naturais, pois em termos de relevo, trata-se de uma área de vertentes muito íngremes e onde se encontram solos cuja erodibilidade varia de alta a muito alta (Neossolos e Cambissolos).

Observa-se ainda que as áreas de *muito alta* suscetibilidade aumentaram do mapa sem a avaliação da ocupação do solo para o mapa que considerou esse parâmetro (Figura 49). Na realidade, essas áreas passaram a ocorrer nos locais onde se encontram voçorocas ativas e/ou solos expostos (Figura 50).

Já as áreas onde a suscetibilidade à erosão é *ausente* ou *baixa*, como nas planícies de inundação, praticamente não variaram. Um dos fatores que contribuiu para isso foi o fato dessas áreas se encontrarem, em sua maior parte, cercadas por coberturas naturais, como matas. Lembrando que essas áreas são bastante planas e compõem as porções mais baixas do relevo e, portanto, estão mais sujeitas a sofrerem sedimentação que erosão. Apesar disso, a ocupação que se dá a essas áreas não são menos importantes, muito pelo contrário, visto que influenciam diretamente na taxa de assoreamento e na qualidade das águas dos cursos d'água que passam por essas planícies.

As outras formas de ocupação dos solos (ex.: agricultura, silvicultura, pastagem e área urbana, entre outras) não geraram alterações significativas na distribuição das classes de suscetibilidade à erosão da área de estudo. Talvez porque a suscetibilidade à erosão do Alto Córrego Prata esteja realmente mais relacionada aos fatores naturais que aos fatores de ordem antrópica, já que se trata de uma região de clima com a estação chuvosa concentrada; o relevo bastante movimentado; o embasamento rochoso rico em rochas menos resistentes ao intemperismo, como o gnaisse leucocrático, e a maior parte dos solos apresenta erodibilidade que varia de média a muito alta.

Vale lembrar ainda que segundo Bacellar (2000), as voçorocas da região se desenvolvem nos locais geomorfologicamente e geologicamente favoráveis – o que corrobora para que a suscetibilidade à erosão da área esteja mais relacionada aos fatores naturais que aos fatores antrópicos.

Mas independentemente da área ser naturalmente suscetível à erosão, com base nas informações levantadas em campo e expostas no mapeamento de ocupação dos solos, não há como negar que as atividades antrópicas estejam contribuindo também para a degradação dos solos, especialmente nas áreas agrícolas (Figura 33), de pastagens (Figura 31) e na construção de estradas sem as devidas estruturas de desvio de drenagem (Figura 22).

Em síntese, como a área de estudo já é naturalmente frágil, o uso e ocupação dos solos sem o emprego de técnicas de manejo e conservação, tende a acelerar a atuação dos processos erosivos. Mas assim como o homem pode contribuir para a degradação dos solos, também pode colaborar para a sua recuperação, é o que tem ocorrido na voçoroca revegetada pelos pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES:

A partir da observação das principais características ambientais do Alto Córrego Prata, verificou-se que a distribuição dos solos tem uma relação direta com o relevo e a litologia: os Neossolos estão geralmente associados a relevos mais declivosos e/ou às litologias mais resistentes (rochas dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas); os Cambissolos e Latossolos, por sua vez, se encontram associados a relevos que variam de plano a forte ondulado e/ou sobre litologias menos resistentes, principalmente sobre o gnaiss; já os Gleissolos estão associados às planícies de inundação. Ainda com base nessa relação entre o relevo e a pedogênese, como a área de estudo é predominantemente ondulada, os Latossolos e Cambissolos são as classes pedológicas mais presentes na área.

A partir do levantamento pedológico realizado, também foi possível verificar que a maioria dos solos do Alto Córrego Prata são ácidos, hipoférricos, distróficos, apresentam cores vermelho-amareladas, argila de baixa atividade (Tb) e elevado teor de silte e areia fina – características diretamente relacionadas ao embasamento rochoso. Essas informações levantadas, especialmente aquelas relacionadas ao nível de acidez e fertilidade do horizonte A desses solos, poderão ser utilizadas pelos agricultores da região para mensurar a necessidade de correção desses solos com insumos agrícolas.

Levantou-se, ainda, a hipótese de que grande parte dos Cambissolos analisados sejam, na realidade, antigos Latossolos erodidos, uma vez que os processos erosivos são intensos na região e esses Cambissolos apresentam muitas características típicas de Latossolos.

Quanto à erodibilidade, verificou-se que na maioria dos solos do Alto Córrego Prata, essa varia de média a muito alta, inclusive nos Latossolos. Isso porque além de ricos em silte e areia fina²⁴, a maior parte desses solos possui horizontes superficiais pouco espessos, tratando-se, portanto, de solos mais facilmente saturados e suscetíveis aos processos erosivos decorrentes do escoamento superficial. A mais rápida exposição do horizonte C desses solos também contribui para elevar a erodibilidade, já que são horizontes bastante instáveis.

Também foi realizada uma análise da influência da topografia do terreno na suscetibilidade à erosão e observou-se que se essa fosse baseada apenas na declividade e na posição da paisagem, variaria, em sua maior parte, de média a muito alta – resultado que vai ao

²⁴ Granulometrias que não favorecem a formação de agregados e a estruturação dos solos.

encontro daqueles obtidos no mapa de suscetibilidade natural à erosão, cujo predomínio é de áreas de alta suscetibilidade.

Além disso, os processos erosivos mais intensos, como as voçorocas, normalmente ocorrem nos solos concentrados nas bordas das redes de drenagem, como é o caso dos Cambissolos Háplicos.

Tais resultados corroboram o estudo de Bacellar (2000) que afirma que as voçorocas da região do rio Maracujá estão muito relacionadas à estrutura geológica e geomorfológica, concentrando-se em áreas com pequenos desnivelamentos e a montante de níveis de base locais, preferencialmente, às margens dos divisores de drenagem amplos e suaves.

Quando se adicionou o parâmetro de ocupação dos solos no mapa de suscetibilidade erosiva, houve uma diminuição da suscetibilidade à erosão nas áreas sob cobertura de matas. Todavia, a presença de voçorocas ativas contribuiu para um aumento no percentual de áreas de muito alta suscetibilidade. Já as outras formas de ocupação dos solos não interferiram muito nos resultados obtidos no mapa de suscetibilidade natural à erosão para o mapa que além dos parâmetros naturais considerou a ocupação dos solos – o que é possível, já que a área de estudo é naturalmente suscetível à erosão (com exceção das planícies fluviais).

Cabe destacar que a retirada das coberturas de mata e formações do cerrado provavelmente levaria a um aumento no percentual das áreas de alta e muito alta suscetibilidade à erosão. Logo, é importante salientar que, mesmo uma área de baixa suscetibilidade natural pode se tornar propícia ao desenvolvimento de processos erosivos e movimentos de massa, principalmente quando utilizada sem o emprego de técnicas de manejo e conservação. Sendo assim, em uma área já naturalmente suscetível, a ação antrópica pode acelerar ainda mais a atuação dos processos de degradação – como é o caso do Alto Córrego Prata, onde foram identificados processos erosivos (erosão laminar, em sulcos e ravinas) diretamente relacionados às atividades antrópicas, especialmente cultivos agrícolas, pastagens e estradas sem sistemas de drenagem. Apesar disso, comparativamente à década de 1960, houve uma melhora na cobertura vegetal da área de estudo como um todo e algumas voçorocas já se encontram em estágio de regeneração natural.

Ressalta-se ainda que, inspirada nas técnicas de recuperação empregadas pelos pesquisadores da UFV em uma das voçorocas, a própria população local tem buscado desenvolver técnicas de revegetação em outras voçorocas. Apesar de haver falhas e limitações,

essa iniciativa demonstra o interesse da população em conter os processos de degradação atuantes na região, especialmente as voçorocas, pois essas limitam o uso do solo onde se encontram, além de ser uma ameaça para as construções da comunidade. Diante disso, espera-se que este estudo seja aproveitado por outros pesquisadores e que também possa influenciar de maneira positiva na forma da população lidar com o solo.

Salienta-se, ainda, que as cartas de suscetibilidade à erosão são temporárias, especialmente aquelas baseadas na ocupação dos solos, pois esses elementos mudam ao longo do tempo e essas mudanças podem contribuir de modo a acelerar ou até mesmo amenizar a atuação dos processos de degradação dos solos. Sendo assim, a melhor forma de evitar/prevenir a degradação, não só dos solos, mas do ambiente como um todo, é planejar o uso e a ocupação. Vale lembrar que esse planejamento passa pela definição de áreas de plantio, áreas de preservação, culturas e técnicas de manejo mais apropriadas, implantação de obras como redes de água, esgoto e sistemas de drenagem, entre outros.

Também é importante destacar que o controle de erosões e a recuperação de áreas degradadas são geralmente muito mais onerosos do que a prevenção e alguns danos são irreparáveis. Portanto, mesmo que no momento não seja possível desenvolver planos de controle e recuperação de áreas degradadas na área de estudo, a partir das informações obtidas nessa pesquisa, já é possível desenvolver um planejamento inicial da ocupação dos solos, como: 1) evitar qualquer tipo de ocupação no interior e nas bordas das voçorocas; 2) utilizar técnicas de conservação como curvas de nível nos locais de relevo movimentado onde forem desenvolvidas atividades agrícolas; 3) manter o máximo possível as coberturas naturais, especialmente as matas ciliares, pois além de protegerem os solos, essa vegetação retém parte dos sedimentos erodidos nas porções mais elevadas e que assoreiam os corpos hídricos (lembrando que as voçorocas normalmente se desenvolvem nos Cambissolos nas bordas das redes de drenagem).

Paralelamente ao planejamento da ocupação dos solos, devem ser desenvolvidas medidas de caráter educativo, pois todo planejamento sem conscientização e não compatível com a realidade da população está fadado a não obter sucesso. Sendo assim, qualquer programa que vise auxiliar a população do Alto Córrego Prata a lidar com o solo, deve apontar culturas e tecnologias adequadas a pequenos produtores e as características ambientais da área – uma região de clima úmido sazonal, relevo bastante movimentado e solos que necessitam de técnicas de correção, adubação e conservação, já que são naturalmente ácidos, distróficos e suscetíveis à erosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S.N.A. de. **Geologia de Engenharia**. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). São Paulo, 1998. 586p.

AB'SABER, A.N. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação**. Geomorfologia, v.53, p.1-23. 1977.

ALKMIM, F.F.M. **Sedimentologie, lithostratigraphische und tektonische untersuchunge inder Serra de Ouro Branco, Minas Gerais, Brasilien**. Tese de doutorado. Universidade Técnica de Clausthal, Alemanha. Clausthal-Zellerfeld, 1985. 217p.

ALKMIM, F.F.; MARSHAK, S. **Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero**. Precambrian Research, n.90, p.29-58, 1998.

BACELLAR, L. de A.P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Tese de doutorado em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. p.226.

BARBOSA, G.V. & RODRIGUES, D.M.S. **Quadrilátero Ferrífero**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1967. 123p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Editora Ícone-Coleção Brasil Agrícola. p 4.ed. São Paulo, 1999. 355p.

BITAR, O.Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995.

BNDES; CNPM & EMBRAPA. **Campo cerrado.** Disponível em: <http://www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/c_cerrado.htm>. Acesso em: Out. 2011.

BONNA, J. L. **Levantamento de solos, relação classe de solos X erosão na Bacia do Córrego Prata em Santo Antônio do Leite - MG.** Instituto de Geociências (IGC). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG. 2009. 75p.

BRAGA, L.T.P. **O uso do solo como intensificador dos processos de voçorocamento em Cachoeira do Campo – MG.** Monografia. Instituto de Geociências (IGC). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG. 2007. 45p.

BUCKMAN, H.O; BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos.** 2. ed. Rio de Janeiro; São Paulo, 1968. 647p.

BUENO, J.M.M.M. **Mapeamento de suscetibilidade erosiva no baixo Ribeirão da Mata-MG: uma abordagem a partir de aspectos naturais e antrópicos.** Monografia. Instituto de Geociências (IGC). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG. 2009. 65p.

CANIL, K. **Proposta metodológica para elaboração de cartas geotécnicas voltadas à prevenção de erosão.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia/GO. 03 a 06 de Mai. 2001. p.1-6.

CHRISTIAN, C.S. & STEWART, G.A. **Methodology of intergrated surveys.** In: Aerial surveys and integrated studies. Proceedings of the Toulouse Conference. UNESCO, 1968. P.233-277.

COELHO NETTO, A.L. **Diagnóstico de erosão para o planejamento regional: subsídios metodológicos sob enfoque geo-hidrológico.** 1998. In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente (SP). Anais: SNCE, CD ROM.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas.** Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE/IPT. São Paulo, 1989. 92p.

DEFILIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo (Metodologia).** Universidade federal de Viçosa (UFV). Imprensa Universitária. Viçosa/MG, 1997. p.19-20.

DORR, J.V.N. **Physiographic Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** USGS, Prof. Paper, 641-a, 1969, 109p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro/RJ. 2ª edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Brasília: EMBRAPA – Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

_____. **Curso de recuperação de áreas degradadas.** A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Centro de treinamento da Petrobrás. Rio de Janeiro/RJ. 22 a 26 de Set. 2008.

FERREIRA, L.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M. de; SILVA, M.L.N.; VITORINO, A.C.T. **Tipos de dispersantes, formas de agitação e suas relações com a erodibilidade de solos com altos teores de óxidos de ferro.** Ciências Agrotécnicas. Lavras, v.26, n.2, p. 342-353, 2002.

HERZ, N. **Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** In: Geological Survey Professional Paper 641-C: 1-81, 1978.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Manuais técnicos em Geociências, 4. 1995. 104p.

INFANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N. (2002). **Processos de dinâmica Superficial**. In: A. M. OLIVEIRA; S. N. BRITO (Eds.), Geologia de Engenharia (p. 131-152). ABGE.

IWASA, O.Y.; FENDRICH, R. **Controle da Erosão Urbana**. In OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S.N.A. de. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE,1998. Cap.16, p.271-281.

GUERRA, A.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª edição, 2005. Cap. 4, p. 149-209.

KER, J.C.; MARCIANO, L.; SILVA, A.B; OLIVEIRA, C.V. **Classificação e Manejo de solo em áreas irrigadas**. Brasília, DF ABEAS, 1997. 136p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação de solos**. Oficina de Textos. São Paulo – SP, 2002. 178p.

LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. **Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade em Latossolos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.1, p. 85-90, 1990.

LOPES, J.S.F.; SANTOS, L. do; GASPARETO, L. **Análise de metodologias de mapeamento**. In: X Simpósio de Geografia Física Aplicada, 2003, p 606-615.

MACHADO, N.; NOCE, C. M.; LADEIRA, E. A.; BELO DE OLIVEIRA, O. **U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Cráton, Brazil**. In: Geological Society of America Bulletin. 104:1221-1227, 1992.

MAGALHÃES JUNIOR, A.P.; ABRE, M.L de; FARIAS, S.D.; PARIZZI, M.G.; POMPEU, P. dos S.; MAGALHÃES, S.R.A.; MACEDO, D.R.; SANTOS, G.B.; COSTA, M.A.M. **Relações**

entre dinâmica pluviométrica, uso do solo e erosão acelerada no Alto Vale do Rio das Velhas /MG. Edital MCT/CNPq N. 002/2006 – Universal. Projeto de pesquisa para 2006. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Instituto de Geociências (IGC). Belo Horizonte. Fev. de 2006.

MORAIS, F.; BACELLAR, A.P.; SOBREIRA, F.G. **Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaïsse.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

MOURA, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** Belo Horizonte. Ed.: da Autora, 2003, 294 p.

PARIZZI, M.G.; SOBREIRA, F.G.; GALVÃO, T.C. **O uso e a ocupação do solo, erosão e assoreamento.** In: GOULARD, E. Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais (Vol. 2, pp. 329-347). Belo Horizonte: Instituto Guaicui, 2005.

PARZANESE, G.A.C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. 117.

PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; KAMINSKI, J. **Solos urbanos.** Ciência Rural. Santa Maria, v.34, n.5, p.1647-1653, 2004.

PINTO, P.C. **Explanatory notes / Rio das Velhas Project.** Relatório Técnico DNPM - SUREG/BH. 1996.

PROJETO RADAM BRASIL. **Folhas SF.23/24.** Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: DNPM, 1983 1.v.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos.** 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1969. 37p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia – Base para distinção de ambientes**. 5ª edição revisada. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **5ª Aproximação**. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

RIOS, A.S.W. & OLIVEIRA, V.A. de. **Avaliação de suscetibilidade à erosão das terras com base em informações de levantamentos de solos e de outros componentes ambientais**. In: XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Resumos. CEPLAC/CEPEC. Ilhéus, 2000. p. 348-349.

ROSIÈRE, C.A.; CHEMALE, F. **Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero, visão geral e discussão**. Geonômos, Belo Horizonte, v.8, n.2, 2000. p. 27- 42.

RUIZ, H.A. **Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta**. XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife, 2005.

_____. **Física do solo: granulometria, estrutura e consistência**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. 2009. 26p.

SALGADO, A.A.R. **Estudo da evolução do relevo do Quadrilátero Ferrífero, MG - Brasil, através da quantificação dos processos erosivos e denudacionais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto e Université Paul Cezanne - Aix-Marseille III, 2006. 125p.

SÁNCHEZ, L. E. Conceitos e definições. In: SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 1. p.18–43.

SANTOS, C.A. dos. **Comportamento hidrológico superficial e a erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – Minas Gerais**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG. 2001. 107p.

SANTOS, C.A. dos; SOBREIRA, F.G.; NETO, A.L.C. **Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG.** Revista Escola de Minas, v.55, n.4. 2002, p.285-290.

SANTOS, J.D. **Levantamento pedológico da Microbacia do Córrego Mato Dentro – Mateus Leme/MG e relação Pedologia X Geomorfologia.** Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Instituto de Geociências (IGC). Belo Horizonte, MG. 2004. 52p.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C. de; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Embrapa. SBCS. Editora Folha de Viçosa Ltda. 5ª edição. Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 92p.

SCOLFORO, J.R. & BOFF, L. **O mundo eucalipto: os fatos e mitos da sua cultura.** Rio de Janeiro: Mar de Idéias, 2008. 78p.

SELBY, M.J. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology.** Oxford: Clarendon Press; Oxford ; New York: Oxford University Press, 1985. 607p.

SILVA, A.B. da; CARVALHO, E.T. de; FANTINEL, L.M.; ROMANO, A.W.; VIANA, C. de S. **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte.** Projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte. Relatório final. Belo Horizonte: FUNDEP/UFMG-IGC, 1995.

SILVA, A.M. da; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos. Rima Editora, 2003.140p.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 558p.

VARAJÃO, C.A.C. **A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** In: Revista Brasileira de Geociências, 21(2):138-/45, 1991.