

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

FÁTIMA SUELI MARCON DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)
2013

FÁTIMA SUELI MARCON DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. José Eduardo Zaine - orientador

Prof. Dr. Leandro Eugênio Cerri – IGCE/UNESP/Rio Claro, SP

Profa. Dra. Ana Oliva Barufi Franco de Magalhães - Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. José Luis Ridente Júnior

Profa. Dra. Paulina Setti Riedel - IGCE/UNESP/Rio Claro, SP

RESULTADO: APROVADA

Rio Claro, SP 19 de junho de 20013.

DEDICATÓRIA

Dedico a DEUS, Senhor da minha vida, que me deu sabedoria e paz, que me fortaleceu nos momentos em que as dificuldades pareciam intransponíveis, que me conduziu com sua destra a pastos verdejantes, onde pude respirar ar puro e ver a realização deste trabalho tornar-se realidade, ter a certeza da vitória e poder agradecer com toda a alegria a aqueles que contribuíram direta e indiretamente com esta realização. Foi um grande sonho que DEUS permitiu se tornar realidade. Muito obrigada, Senhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor José Eduardo Zaine, pela orientação segura e extremamente capaz, por todos os conselhos e sugestões que foram fundamentais durante a pesquisa e na elaboração do presente trabalho, não medindo esforços para acompanhar e auxiliar nos trabalhos de campo, de laboratórios e na confecção e revisão desta tese.

À Professora Doutora Mariselma Ferreira Zaine, pelo apoio nos trabalhos de campo e na acolhida que nos confortou.

Aos colegas, professores e funcionários do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP-RC que participaram direta e indiretamente deste trabalho, especialmente ao engenheiro ambiental Flávio Henrique Rodrigues e ao geólogo Danilo Gonçalves de Araújo Amorim, pela amizade e apoio na elaboração das ilustrações da tese.

Ao meu esposo Gilberto Celestino dos Santos e aos meus filhos Gilberto Antonio Marcon dos Santos e Rafael Marcon dos Santos, pelo companheirismo, pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis, pela ausência do lar e da convivência familiar.

Aproveito, ainda, para agradecer ao meu filho Gilberto Antonio Marcon dos Santos pela disponibilidade na tradução do Resumo e ao meu filho Rafael Marcon dos Santos o qual auxiliou a conferir os números de pontos de campo.

À Universidade Estadual de Goiás - UEG, pela licença concedida para realização dos créditos; à Unidade de Quirinópolis, pelo apoio material durante a realização dos demais trabalhos.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de identificar, associar e avaliar os processos erosivos em Unidades de Análise Integrada do Meio Físico, na Bacia do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO), em uma área composta por basaltos e arenitos, com relevos residuais tabuliformes, relevos colinosos e drenagens, por vezes encaixadas, ou desenvolvendo planícies fluviais. O método adotado na pesquisa partiu da fotoanálise para a interpretação das características fisiográficas, assim como das propriedades geotécnicas. Para tanto, os procedimentos adotados incluíram a análise de fotografias aéreas e imagens orbitais, trabalhos de campo, definição e caracterização das unidades de análise, com avaliação dos processos erosivos, permitindo dividir a área em seis unidades de análise integrada do meio físico. A partir desta caracterização, do registro de processos erosivos naturais e induzidos e das alterações decorrentes do uso do solo, foi aplicado um quadro matricial de avaliação de suscetibilidade, apontando os terrenos com coberturas arenosas do topo do planalto (Unidade IV) e as áreas com problemas decorrentes do processo de urbanização e agropecuária (Unidade II) como unidades com maior suscetibilidade à erosão. Os resultados, apresentados por mapas de declividade e hipsométricos, na escala 1:100.000 e de mapas de pontos e de unidades de análise integrada do meio físico, 1:50.000, além de pranchas ilustradas com fotos, perfis de intemperismo e de relevo e descrições, agregam diversas informações necessárias para a análise e avaliação realizadas. Esses documentos fornecem as diretrizes necessárias para o planejamento ambiental do importante manancial de abastecimento público da cidade de Quirinópolis.

Palavras-chave: Análise integrada do meio físico, suscetibilidade à erosão, Quirinópolis (GO).

ABSTRACT

This study has the objective to identify, associate and evaluate the erosive processes in Units Integrated Analysis of Physical Environment, in the Basin of *Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (Goiás, Brasil)*, in an area composed of basalts and sandstones, with tabuliform residual reliefs, hilly reliefs and drainage docked, or developing fluvial plains. The adopted method proceeded from fotoanalysis to interpretation of physiographic characteristics, as well as the geotechnical properties. Therefore, the adopted procedures included the analysis of aerial photographs and orbital images, field work, definition and characterization of the units of analysis, with evaluation of erosive processes, allowing divide the area into six unities integrated analysis of the physical environment. From this characterization and the registry of natural and induced erosive processes resulting from land use, it was applied a matricial table of susceptibility evaluation, pointing to lands with sandy coverage from the top of the plateau (Unity IV) and areas with problems arising from urbanization, agriculture and livestock (Unity II) as unities with higher susceptibility. The results are presented by maps of slope and hypsometric, at the scale 1:100.000, and map of field points and Units Integrated Analysis of Physical Environment, 1:50.000, besides illustrated boards with photos, intemperism and relief profiles, and adding several information necessary for analysis and evaluation performed. These documents provide the necessary guidelines for environmental planning of important water source for Quirinópolis's public supply

Keywords: Integrated analysis of the physical environment, erosion susceptibility, Quirinópolis (Goiás, Brazil).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras ...	16
Figura 2 – Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica	25
Figura 3 – Representação esquemática das unidades taxonômicas propostas por Ross (1992).....	27
Figura 4 – Técnica de avaliação do terreno (COOKE; DOORNKAMP, 1990).....	29
Figura 5 - Fases de análise e interpretação fotogeológica e seus respectivos produtos	32
Figura 6 – Perfil típico de encostas	33
Figura 7 - Classificação dos elementos de encosta de uma paisagem de acordo com as formas e os processos operantes I.....	44
Figura 8 – Fases e etapas de trabalho e seus respectivos produtos	46
Figura 9 – Fotoanálise e representação da distribuição dos compartimentos de análise fisiográfica na fotografia aérea.....	52
Figura 10 – Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais	58
Figura 11 – Diagrama de associação dos atributos adotados na avaliação de possibilidade.....	63
Figura 12 – Mapa geológico do município de Quirinópolis.....	65
Figura 13 – Mapa Geomorfológico de Quirinópolis	72
Figura 14 – Mapa pedológico do município de Quirinópolis.....	73
Figura 15 – Mapa de utilização da terra.....	81
Figura 16 – Mapa de vegetação do município de Quirinópolis.....	82
Figura 17 – A: escoamento concentrado com formação de ravina, abaixo do Conjunto Habitacional Vitória, ponto 28; B: sulcos erosivos, ponto 28, C: solapamento de margens do Córrego das Clemências, ponto 19.....	89
Figura 18 – A: erosão interna (piping), próximo ao Córrego Manoel Gomes, ponto 57; B: sulcos em trilha de gado, próximo à subida da Serra da Fortaleza, ponto 55; C: voçoroca, próximo ao Córrego Manoel Gomes, ponto 57; D: escoamento concentrado com formação de sulcos erosivos em área de expansão urbana, no Bairro Vitória, próximo ao ponto 28.....	92
Figura 19 – A: <i>front</i> da escarpa com detalhe para cicatriz de movimento de massa com mobilização de blocos rochosos e solo saprolítico, visualizado no ponto 12; B:	

escoamento superficial concentrado caracterizado por cursos d'água intermitentes e cachoeiras, registrado próximo ao ponto 12	95
Figura 20 - A/B: interior da voçoroca (de diferentes ângulos); C: vista aérea da voçoroca. Erosão instalada na Unidade IV, na Serra da Fortaleza, ponto 10	98
Figura 21 – Domínio de fluxo concentrado em vales erosivos com encostas côncavas e feições de rastejo na base do depósito (canto inferior direito), na Serra Confusão do Rio Preto, próximo ao ponto 166.....	101
Figura 22 – A: processo de assoreamento na margem da drenagem; B: solapamento de margem, no Córrego Manoel Gomes, próximo a Serra do Baú.	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Propriedades e fatores considerados na análise e interpretação da rede de drenagem e das formas de relevo em fotografias aéreas o	30
Quadro 2 – Relações entre formas de topo e encosta, propriedades e características do terreno	33
Quadro 3 – Tipos de Erosão Hídrica	38
Quadro 4 – Características dos principais movimentos de encosta na dinâmica ambiental.....	41
Quadro 5 - Classes de declividade adotadas na caracterização da área de estudo .	50
Quadro 6 - Unidades de terreno e critérios de reconhecimento	53
Quadro 7 – Aplicação dos principais critérios para identificação de categorias dentro dos relevos de agradação	53
Quadro 8 - Sequência de procedimentos para a análise fotogeológica, segundo Zaine (2011).....	55
Quadro 9 – Avaliação da susceptibilidade à ocorrência de erosão linear natural	60
Quadro 10 – Avaliação do potencial de ocorrência de erosão linear induzida/acelerada	62
Quadro 11 – Sequência cronológica e descrição das unidades geológicas do município de Quirinópolis	66
Quadro 12 – Contextualização regional das unidades de análise integrada do meio físico e relação com os processos geológicos	86
Quadro 13 - Análise fotogeológica das unidades de análise integrada do meio físico	87
Quadro 14 – Fotointerpretação e caracterização geológico-geotécnica das unidades de análise integrada do meio físico	87
Quadro 15 – Avaliação dos processos erosivos nas unidades de análise integrada do meio físico na bacia do Ribeirão das Pedras	111

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 – Síntese das características da Unidade de Análise Integrada I - Basaltos em Relevo Colinoso.....	92
Prancha 2 – Síntese das características da Unidade de Análise Integrada II – Solos Arenosos de Média Encosta da Formação Adamantina.	95
Prancha 3 – Síntese das características da Unidade de Análise Integrada III – Escarpas da Formação Marília.....	98
Prancha 4 – Síntese das características da Unidade de Análise Integrada IV – Coberturas Arenosas de Topo de Planalto.	101
Prancha 5 – Síntese das características da unidade de análise integrada V – Colúvios e Talus da Formação Marília.	104
Prancha 6 – Síntese das características da Unidade de Análise Integrada VI – Aluviões e Terraços Fluviais.....	107

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela de Pontos de Campo.....	123
--------------------------------	-----

APÊNDICE B

Mapa de Potos de Campo.....	148
-----------------------------	-----

APÊNDICE C

Mapa Hipsométrico	149
-------------------------	-----

APÊNDICE D

Mapa de Declividade.....	130
--------------------------	-----

APÊNDICE E

Mapa de Unidades de Análise Integrada do Meio Físico da Bacia do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO).....	131
--	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problematização	15
1.2 Hipótese.....	18
1.3 Objetivos.....	19
2 BASE TEÓRICA.....	20
2.1 Geomorfologia	20
2.2 Aspectos Conceituais Relativos à Compartimentação Fisiográfica	21
2.2.1 Metodologia de Tricart.....	22
2.2.2 Metodologia de Ab'Saber	23
2.2.3 Metodologia do IPT (Ponçano et al., 1981)	26
2.2.4 Metodologia de Ross.....	26
2.2.5 Metodologia de Lollo	29
2.3 Técnicas de Fotointerpretação	30
2.3.1 Metodologia de Soares e Fiori	30
2.3.2 Metodologia de Zaine	31
2.3.3 Metodologia de Vedovello	32
2.4 Processos Morfodinâmicos.....	33
2.4.1 Fatores condicionantes dos processos erosivos.....	42
2.4.2 Tipos de Encostas, Descrição do Perfil de Alteração ou Manto de Intemperismo e Processos Operantes	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
3.1 Materiais utilizados	45
3.2 Métodos	46
3.2.1 Levantamento Bibliográfico	47
3.2.2 Preparação do material cartográfico	48
3.2.3 Caracterização e análise fisiográfica integrada.....	51
3.2.4 Trabalhos de Campo.....	57

3.2.5 Avaliação dos processos erosivos	59
4 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL	64
4.1 Geologia	64
4.1.1. Grupo São Bento – Formação Serra Geral	64
4.1.2 Grupo Bauru – Formações Adamantina e Marília	66
4.1.3 Coberturas Detrito-Lateríticas (Tdl e TQdl)	68
4.1.4 Formação Cachoeirinha (Tc).....	69
4.1.5 Aluvião (QPa, QHa).....	69
4.2 Geomorfologia	70
4.2.1 Região dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná.....	70
4.2.2 Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores	70
4.3. Pedologia.....	73
4.3.1 Latossolos Roxos Distróficos	73
4.3.2 Latossolos Vermelho-Escuros.....	74
4.3.3 Areias Quartzosas.....	75
4.3.4 Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVd)	76
4.3.5 Solos Litólicos	77
4.3.6 Gleis pouco Húmicos Eutróficos (HGP)	78
4.4 Hidrografia	78
4.5 Aspectos Climáticos.....	79
4.6 Aspectos sobre Utilização da Terra e Vegetação	80
5 ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO	84
5.1 Mapas Complementares.....	84
5.1.1 Mapa Hipsométrico	84
5.1.2 Mapa de Declividade.....	85
5.2 Unidades de Análise Integrada do Meio Físico.....	85
5.2.1 Unidade I – Basaltos em Relevo Colinoso	88
5.2.2 Unidade II – Solos Arenosos de Média Encosta da Formação Adamantina.....	91
5.2.3 Unidade III – Escarpas da Formação Marília	94

5.2.4 Unidade IV – Coberturas Arenosas de Topo de Planalto.....	97
5.2.5 Unidade V – Colúvios e Talus da Formação Marília	100
5.2.6 Unidade VI – Aluviões e Terraços Fluviais.....	103
6 AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS.....	106
6.1 Unidade I – Basaltos em Relevo Colinoso.....	106
6.2 Unidade II – Solos Arenosos de Média Encosta da Formação Adamantina..	107
6.3 Unidade III – Escarpas da Formação Marília.....	107
6.4 Unidade IV – Coberturas Arenosas de Topo de Planalto	108
6.5 Unidade V – Colúvios e Talus da Formação Marília.....	109
6.6 Unidade VI – Aluviões e Terraços Fluviais	110
7 CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS.....	115
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	120

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são expostas as motivações que levaram ao desenvolvimento da presente pesquisa, justificando-se pela demanda de trabalhos técnicos aplicados à administração pública, voltados para gestão e planejamento do meio físico de Quirinópolis, município localizado na região sul-sudoeste do estado de Goiás.

Também são apresentados a hipótese e os objetivos que nortearam os trabalhos realizados ao longo da pesquisa.

1.1 Problematização

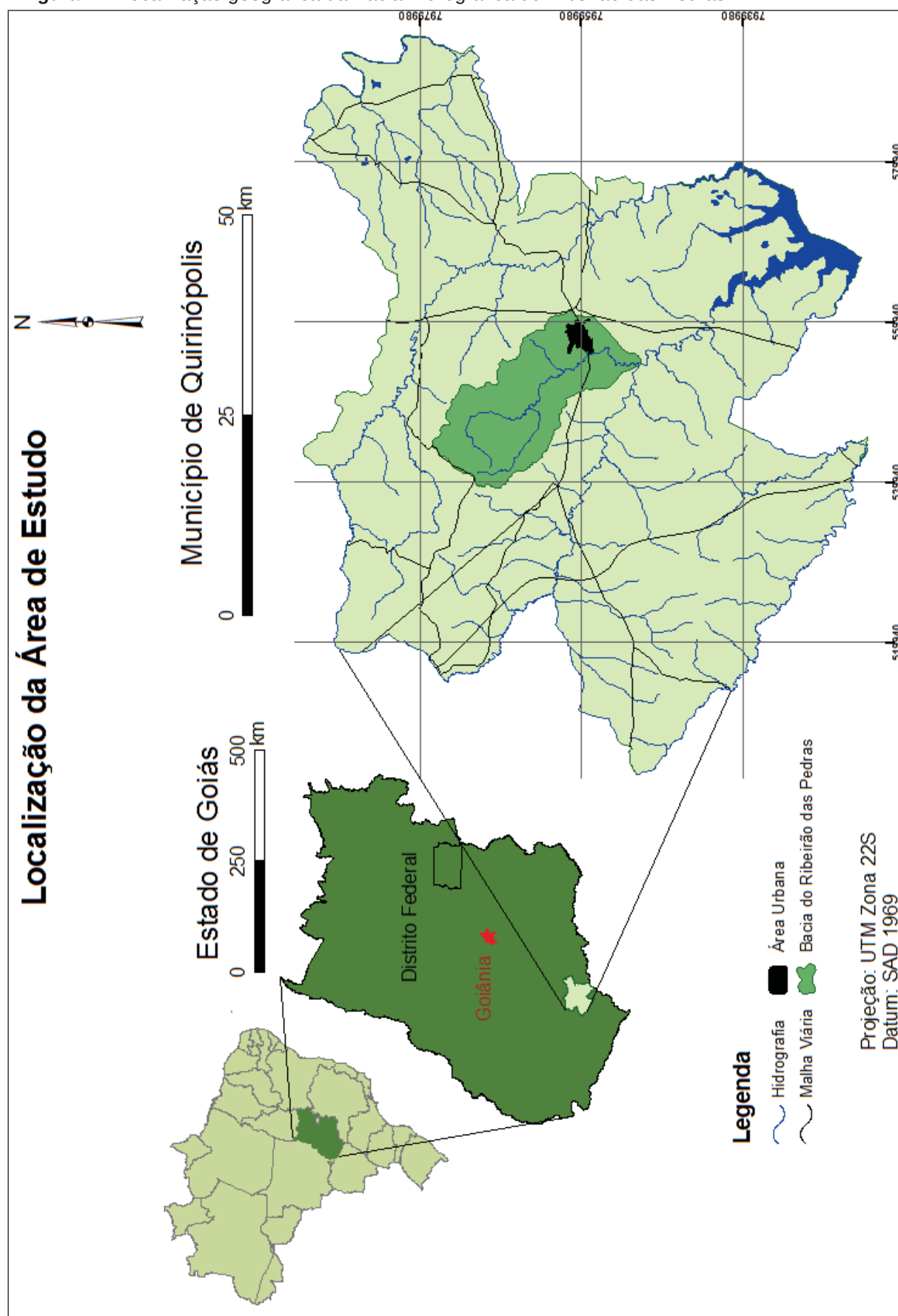
O município de Quirinópolis localiza-se na Microrregião Homogênea (MRH) – 18 (Quirinópolis) e Mesorregião Geográfica Sul Goiano, tendo área de 3.787 km² e população de 42.216 habitantes, segundo dados do Censo 2010 (IBGE, 2010).

A área da pesquisa corresponde à Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, manancial para a captação de água pelo sistema público de abastecimento da cidade de Quirinópolis (GO). O Ribeirão das Pedras localiza-se na porção noroeste do município, com sua principal nascente a 26 quilômetros da área urbana, em altitude de 880 metros, desaguando no Rio Preto a dois quilômetros a sul da cidade, na cota de 425 metros.

O sistema representado por uma bacia hidrográfica é uma delimitação natural do espaço geográfico, onde ocorre o fluxo de energia e matéria para o equilíbrio do sistema. Assim sendo, a delimitação da área de pesquisa coincide com o limite natural dado pela bacia hidrográfica.

A bacia sob estudo ocupa uma área de, aproximadamente, 247 km², entre as coordenadas 18°16'43" e 18°30'55" de Latitude Sul e 50°25'10" e 50°37'42" de Longitude Oeste. A estação de captação e tratamento de água está localizada a 18°26'54" de Latitude Sul e a 50°27'06" de Longitude Oeste (Figura 1).

Figura 1 – Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras



A Bacia do Ribeirão das Pedras situa-se, geologicamente, na Bacia Sedimentar do Paraná, com ocorrência de basaltos da Formação Serra Geral, inseridos no Grupo São Bento, recobertos por arenitos das Formações Adamantina e Marília, do Grupo Bauru, datados do Período Cretáceo. Com a evolução do relevo e a reorganização da rede de drenagem e incisões de talwegues, foram elaboradas formas de relevos tabulares, pertencentes ao Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná em Goiás, que constituem uma configuração geomorfológica marcante no cenário da área de estudo. Coberturas cenozóicas do topo dos tabuleiros e depósitos aluviais completam o quadro das unidades geológicas da área.

Terrenos inclinados são favoráveis à ocorrência de movimentos superficiais de massa, pelo escoamento superficial de água das chuvas e sua intensa infiltração nos arenitos da Formação Marília, principalmente durante o período chuvoso. Essa interação entre os componentes do meio físico, associada à evolução tectônica e climática, contribuiu para a complexidade morfológica da área e a geração de formas fisiográficas agradacionais e degradacionais. Porém, há carência de estudos e mapeamento do meio físico no município em escalas de semi-detulhe e detalhe.

Até a década de 1950, a área abrangida pela Bacia do Ribeirão das Pedras era dominada por espécies nativas do Cerrado, intercaladas com formações florestais, com poucas e pequenas áreas desmatadas para o cultivo de atividades de subsistência e formação de pastagens. Após esse período, o desmatamento mecanizado se acelerou, com o predomínio de áreas de pastagem para a pecuária bovina semi-intensiva, expondo toda a região a um forte processo erosivo, assim como os principais afluentes do Ribeirão das Pedras.

A partir de 1970, houve diversificação das atividades agrícolas no município de Quirinópolis, com a introdução do cultivo da soja e do milho em larga escala e a utilização de tecnologia e equipamentos modernos, ampliando a extensão das áreas produtivas. Porém, a ocupação desordenada do espaço rural, associada à implantação de projetos agropecuários sem planejamento técnico e ambiental adequados, provocou a eliminação da vegetação natural em áreas de preservação permanente, de elevada declividade e de várzeas, ocasionando erosão nas vertentes, perda de solos agricultáveis e consequente assoreamento dos leitos fluviais, reduzindo a disponibilidade de água na região e comprometendo o abastecimento público da área urbana.

Ainda sob o contexto socioeconômico dos anos de 1970, destaca-se o cultivo da cana-de-açúcar na área de pesquisa, provocando desmatamento parcial dos remanescentes florísticos, com o uso intensivo de água e de produtos químicos, o que expõe a fragilidade dos solos aos processos erosivos.

Frente ao exposto, considera-se que a relevância do estudo dos componentes do meio físico, aliados às características do uso do solo na definição de Unidades de Análise Integrada do Meio Físico na Bacia do Ribeirão das Pedras, consiste em indicar potencialidades e limitações dos terrenos associadas aos processos erosivos.

Portanto, o mapeamento e a caracterização de Unidades de Análise Integrada do Meio Físico podem contribuir para o planejamento e execução de ações técnicas que visam solucionar os problemas causados pelos processos erosivos na Bacia do Ribeirão das Pedras. Os resultados deste estudo poderão contribuir com informações técnicas, subsidiando o poder público e os proprietários rurais em ações de planejamento e gestão do meio físico.

1.2 Hipótese

Os processos geológicos de erosão linear nas encostas, registrados pela presença de ravinas e voçorocas, juntamente com a erosão fluvial representada pelos solapamentos das margens dos canais, além de feições de rastejo e escorregamento de solo, aumentaram o carregamento de sedimentos para os canais de drenagem, com correspondente assoreamento e consequentes mudanças na dinâmica dos cursos d'água. Assim, a erosão e o assoreamento estão entre os principais problemas geoambientais da área de estudo.

Diante do exposto, formulou-se a seguinte hipótese: diferentes Unidades de Análise Integrada do Meio Físico apresentam diferentes graus de susceptibilidade à erosão. A possibilidade de ocorrência de erosões, sua frequência e magnitude está fortemente condicionada à dinâmica e características de uso e ocupação do solo.

1.3 Objetivos

O objetivo geral da pesquisa consistiu em identificar, mapear e caracterizar os processos erosivos nas Unidades de Análise Integrada do Meio Físico, associando-os às diferentes formas de uso e cobertura do solo na Bacia do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO).

Como objetivos específicos, foram colocados:

a) Elaborar o mapa de Unidades de Análise Integrada do Meio Físico, a partir da compartimentação fisiográfica da Bacia do Ribeirão das Pedras, na escala 1:50.0000.

b) Avaliar a suscetibilidade dos terrenos aos processos erosivos naturais e induzidos pela ação antrópica.

c) Classificar as unidades quanto às potencialidades e restrições frente a intervenção humana, visando oferecer subsídios à realização de ações técnicas corretivas e preventivas a serem realizadas ou coordenadas pelos gestores públicos municipais de Quirinópolis.

2 BASE TEÓRICA

A fundamentação teórica foi centrada na discussão sobre temas relacionados à análise integrada do meio físico, compartimentação fisiográfica e avaliação de processos erosivos.

2.1 Geomorfologia

Guerra (1987, p. 204) afirma que

a geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de modo geral, entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre.

O autor considera quatro atributos envolvidos no conceito básico da geomorfologia: forma, descrição, gênese e evolução do relevo.

Ainda, sobre o conceito de geomorfologia, Guerra (1987, p. 204) cita os trabalhos de Passarge, Frances Ruellan, Frederico Machatschek e Othon Henry Leonardos, onde, resumidamente, são apresentadas as seguintes definições:

“É a ciência que estuda a transformação do relevo, elaborada pelas forças geológicas” (PASSARGE apud GUERRA, 1987, p. 204).

“É uma ciência natural cujo objeto é o estudo das formas do terreno a fim de determinar-lhes a origem e a evolução (RUELLAN apud GUERRA, 1987, p. 204).”

“É o ramo da geografia física que trata dos processos e formas exógenas e o desenvolvimento do relevo terrestre” (MACHATSCHEK apud GUERRA, 1987, p. 204).

O estudo das formas terrestres esculpidas pelos agentes superficiais constitui o campo da geomorfologia. O moderno nome geomorfologia, literalmente estudo da forma da Terra, implica na interpretação da paisagem, na análise do relevo atual e de sua evolução e também das feições fisiográficas pretéritas, das reconstituições paleogeográficas, paleoclimáticas, etc. (LEONARDOS apud GUERRA, 1987, p. 204).

Para Ross (1998, p. 295), “o relevo decorre das ações das forças ativas e passivas dos processos endógenos e das forças ativas dos processos exógenos sendo, portanto, o palco onde os homens desenvolvem suas atividades e organizam seus territórios”.

De acordo com Casseti (1994, p.11):

A geomorfologia é uma ciência que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais. Portanto a análise geomorfológica de uma determinada área implica, obrigatoriamente, o conhecimento da evolução que ela sofre, o que é possível através das evidências de materiais deposicionais dos diferentes processos morfogenéticos a que foi submetida.

Segundo Christofolletti (1998, p. 434),

A geomorfologia analisa as formas de relevo, com base nas características morfológicas, materiais componentes, processos atuantes e fatores controlantes, bem como a dinâmica evolutiva. Compreende os estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas. Dessa maneira, ganha relevância por auxiliar a compreender o modelado terrestre, que surge como elemento do sistema ambiental físico e condicionante para as atividades humanas e organizações espaciais.

O mesmo autor conclui que as formas de relevo são respostas aos condicionamentos da litologia, dos processos endógenos e exógenos e da evolução. As suas características retraçam esse equilíbrio e apresentam certo grau de sensibilidade.

Para compreender as várias formas da superfície da Terra, Marques (1998, p. 26) destaca a importância do estudo de materiais existentes na superfície terrestre, que podem ser afloramento de rochas, rochas intemperizadas ou solos.

Jatobá e Lins (2001, p. 9) definem geomorfologia como “ciência geológico-geográfica que estuda o relevo terrestre, sua estrutura, origem, história do desenvolvimento e dinâmica atual”. A geomorfologia preocupa-se com o aspecto genético das formas do relevo terrestre, cuja análise pressupõe descrição do modelado e consideração dos complexos físicos e físico-biológicos. O exame das formas de relevo requer, ainda, um conhecimento razoável para interpretá-las como uma fase atual de evolução morfogenética.

2.2 Aspectos Conceituais Relativos à Compartimentação Fisiográfica

Lollo (1995) afirma que o método de avaliação do terreno é o mais útil para o levantamento das condições do meio físico para fins de ocupação já que foi desenvolvido exatamente com este objetivo. Segundo o autor, na base das aplicações da técnica de avaliação do terreno encontra-se a possibilidade de se dividir a área de estudo em unidades cada vez menores (função da escala e da

finalidade pretendidas), a partir do uso de sensores remotos (preferencialmente) e/ou de trabalhos de campo, tendo-se como base sua uniformidade em termos de formas do terreno para, posteriormente, proceder à avaliação das propriedades dos materiais presentes nestas unidades. O critério de zoneamento é assegurar uma heterogeneidade mínima nessas parcelas em relação às feições do terreno.

Lollo (1995, p.11) coloca que,

ao aplicar o método de avaliação do terreno encontra-se a possibilidade de se dividir a área em estudo em unidades cada vez menores (função da escala e da finalidade pretendidas) a partir do uso de sensores remotos (preferencialmente) ou de trabalhos de campo, tendo-se como base sua uniformidade em termos de formas do terreno, para posteriormente proceder a avaliação das propriedades dos materiais presentes nestas unidades.

De acordo com Guerra (1985, p.188), “fisiografia – do grego *physis* = natureza e *grafhos* = descrição, por conseguinte, fisiografia seria a descrição da natureza”.

Para Christofolletti (1998), a classificação de terrenos consiste na utilização de critérios combinatórios e interativos, entre as variáveis ambientais, para se qualificar a potencialidade de uso. “O conceito de classificação de terrenos baseia-se no fato de que todas as paisagens podem ser divididas em unidades menores”. (CHRISTOFOLETTI, 1998, p. 430).

Vários são os critérios utilizados para divisão de unidades geomorfológicas, como os apresentados por Tricart, Ab’Saber, IPT (Ponçano et al.) e Ross, dentre outros. Nas diferentes propostas de análise e classificação há certa convergência quanto aos critérios de hierarquização. A seguir, são apresentadas as principais propostas metodológicas utilizadas na pesquisa geomorfológica aplicada à análise do meio físico.

2.2.1 Metodologia de Tricart

A metodologia utilizada para compartimentação do relevo de Tricart (1975) fundamenta-se nos Conceitos Ecodinâmicos, classificando o meio em três categorias de análise: estáveis, instáveis e intergrades. A estabilidade ou instabilidade do meio está relacionada ao predomínio da morfogênese em relação à pedogênese. No meio estável prevalece a pedogênese em relação à morfogênese. No meio instável predomina a morfogênese em relação à pedogênese, enquanto no meio intergrades ocorre equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese.

Para Tricart (1965, p. 25), “a carta geomorfológica deve fornecer, além da descrição de todos os elementos do relevo, também as relações no espaço e no tempo das unidades representadas”. Deve, ainda, ressaltar os laços genéticos entre formas vizinhas e gerações de formas sucessivas numa região e que tenham deixado alguma evidência. Assim, deve distinguir as formas vivas, herdadas, estabilizadas ou desaparecidas num processo de degradação, diferenciando as diversas gerações. Portanto, a carta geomorfológica de detalhe deve conter dados de quatro naturezas diferentes:

- a) Dados morfométricos – obtidos a partir da carta topográfica, como as declividades das vertentes e hierarquização da rede hidrográfica;
- b) Dados morfográficos – devem indicar o fenômeno juntamente com a sua origem, por meio de símbolos, como, por exemplo, escarpa de falha em vez de escarpa, simplesmente;
- c) Dados morfogenéticos – as formas registradas no mapa por meio dos símbolos devem não só descrever a forma como também indicar sua gênese. Exemplo: terraço fluvial, planície flúvio-lacustre.
- d) Dados cronológicos – visam estabelecer a idade das formas, diferenciando as formas funcionais das formas herdadas, ou paleoformas, que indicam os processos pretéritos, enquanto as formas atuais permitem definir o sistema morfogenético vigente na região.

2.2.2 Metodologia de Ab’Saber

Ab’Saber (1969) propõe um estudo integral do relevo, levando em consideração três níveis de abordagens, que individualizam o campo de estudo da ciência geomorfológica: a compartimentação topográfica, a caracterização da estrutura superficial da paisagem e o estudo da fisiologia da paisagem (Figura 2).

De acordo com Casseti (1994), o primeiro nível de abordagem inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e às características morfológicas, que apresentam importância direta no processo de ocupação. Para Ross (1998, p. 310), “esse nível de abordagem inclui a descrição precisa das formas de relevo, e associa-se à identificação das unidades geomorfológicas”.

O segundo nível pressupõe extração de informações da estrutura superficial da paisagem, a partir de observações minuciosas dos depósitos geológicos recentes,

feições geomorfológicas pretéritas, depósitos coluviais de vertentes, indicadores de processos morfogenéticos comandados por paleoclimas, e permitem estabelecer correlações de fatos observados no campo com informações extraídas de outras áreas, de forma a permitir a interpretação genética e cronológica das formas do relevo.

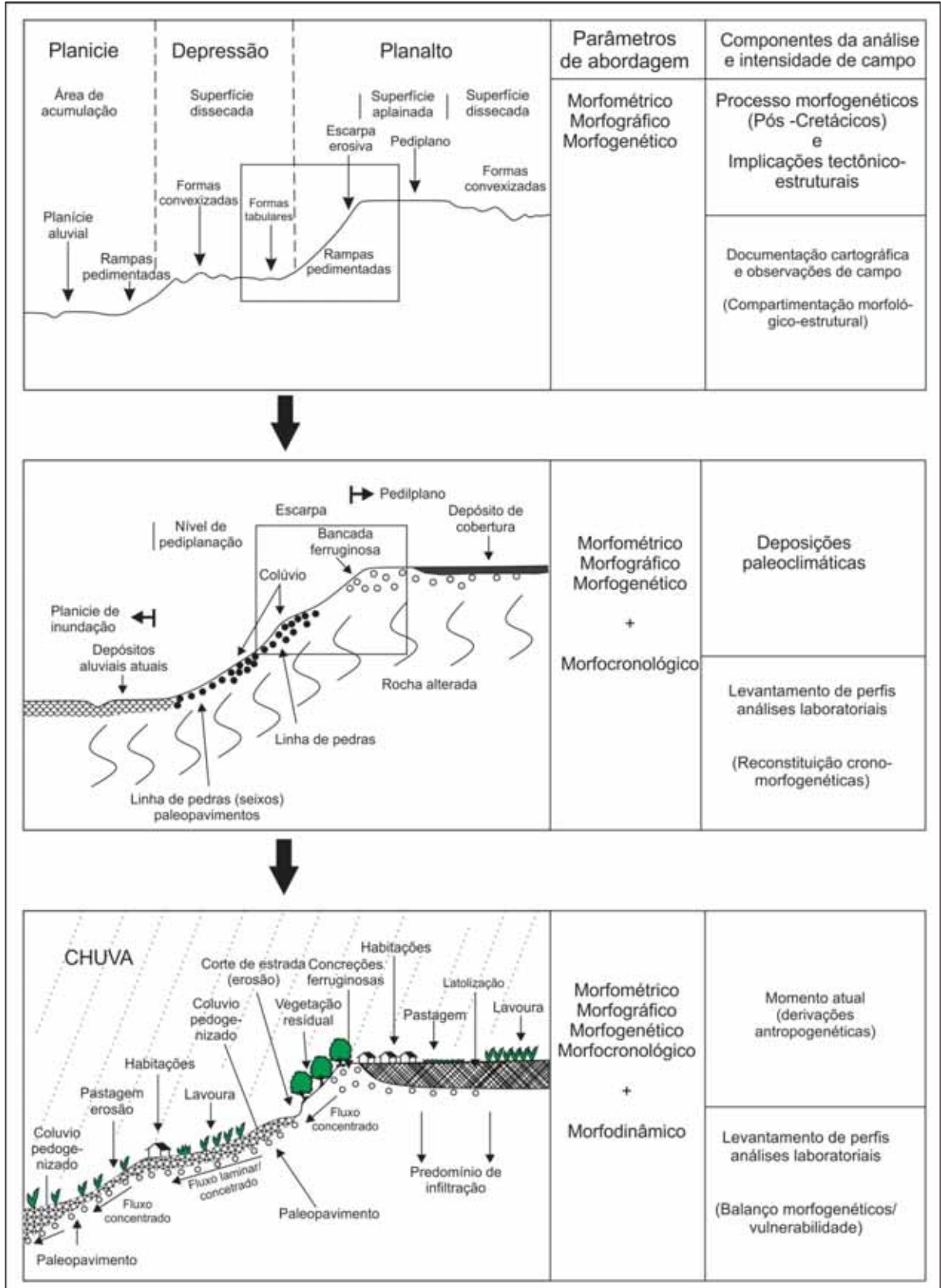
Casseti (1994, p. 12) considera que no segundo nível “é possível não só avaliar o grau de fragilidade do terreno, como também haver um entendimento histórico da evolução do relevo, por meio da observação dos depósitos correlativos”. Para esse autor, o conhecimento das características específicas dos diferentes tipos de depósitos, que ocorrem sob condições climáticas variadas, permite compreender a dinâmica evolutiva comandada pelo clima, não deixando de considerar a sua posição em relação aos níveis de base atuais, muitas vezes vinculados a ajustamentos tectônicos.

Já, o terceiro nível refere-se à fisiologia da paisagem, quando se procura entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação. Formas de relevo, solo e subsolo estão sujeitos à atuação conjunta dos fatores climáticos em sua sucessão efetiva na área considerada. Variações sutis de fisiologia podem ser determinadas por ações antrópicas predatórias, na maior parte dos casos irreversíveis para o meio natural.

Para Ab’Saber (1969), a intervenção humana imita, até certo ponto, os acontecimentos de maior intensidade relacionados às variações climáticas quaternárias. Casseti (1994, p. 40) acrescenta que, muitas vezes, “a atividade humana pode mesmo abreviar a atividade evolutiva do modelado”.

Segundo Ross (1998, p. 307), no terceiro nível “se encaixam as pesquisas experimentais, que, se bem conduzidas, fornecem respostas enriquecedoras para o conhecimento científico relativos às questões ambientais”.

Figura 2 - Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica



Fonte: Ab'Saber (1969)

2.2.3 Metodologia do IPT (Ponçano et al., 1981)

Ponçano et al. (1981) propõem uma metodologia que se constitui, basicamente, em reconhecer e agrupar as formas segundo o conceito de sistemas de relevo, distinguindo-se, numa dada região, áreas cujos atributos físicos sejam distintos das áreas adjacentes. Isto leva à subdivisão da região em áreas de dimensões variáveis desde dezenas até centenas de km², onde é comum existir um padrão recorrente de topografia, solos e vegetação.

Os critérios utilizados seguem a hierarquização em: sistema de relevo, unidade de relevo e elementos de relevo.

Para Ponçano et al. (1981),

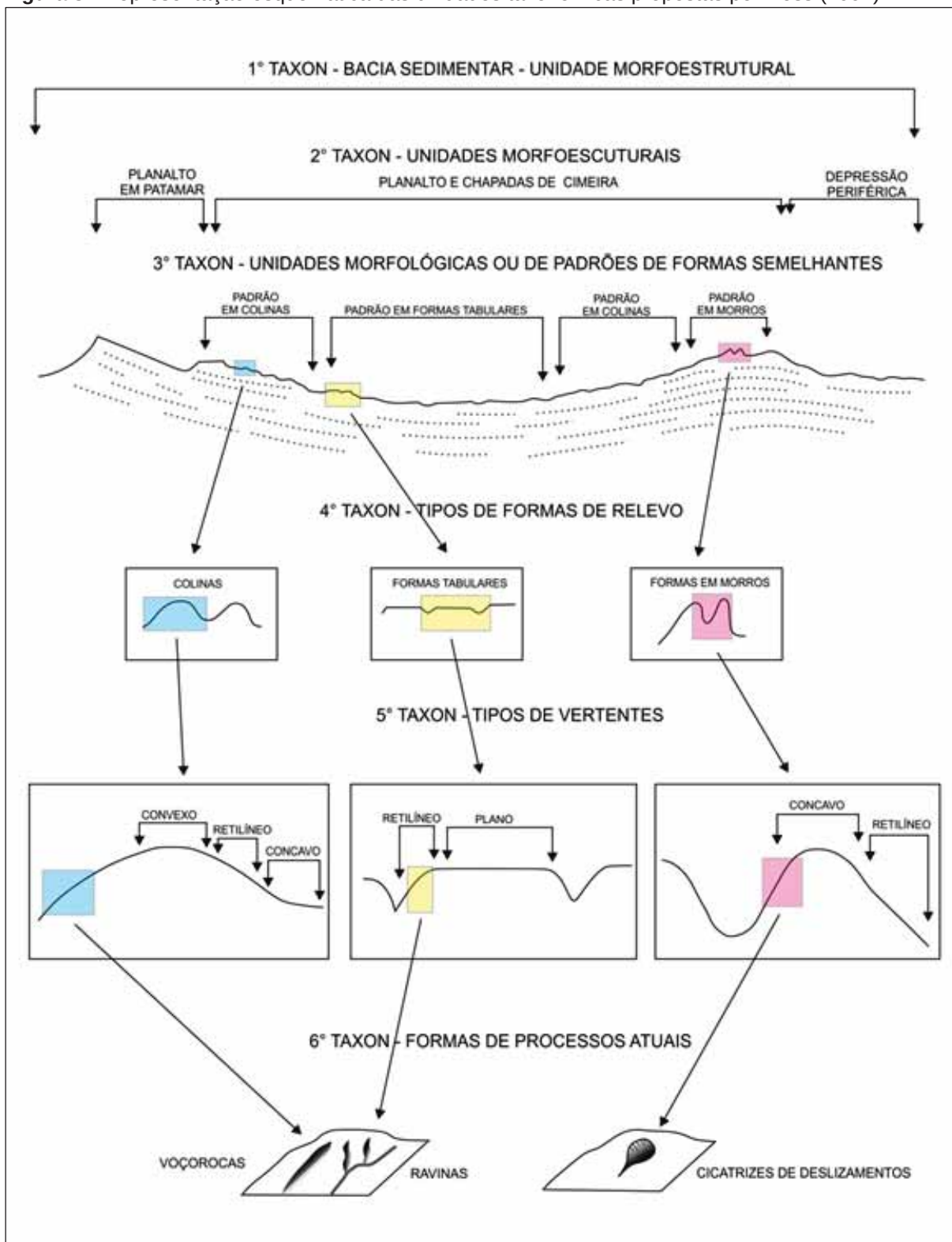
a delimitação dos sistemas de relevo com base em critérios morfo-estruturais procura levar em consideração as formas de relevo e a geologia. O resultado é um mapa que pode ser então analisado à luz de dados sobre solos, recursos hídricos, processos erosivos e deposicionais, vegetação e clima. Tal análise integrada poderá levar a uma caracterização mais precisa de cada sistema de relevo, segundo o campo específico considerado.

2.2.4 Metodologia de Ross

Outro assunto importante para melhor compreensão da compartimentação do relevo diz respeito às unidades taxonômicas têmporo-espaciais, que têm por princípio a dimensão das formas na perspectiva tridimensional (tamanho, gênese e idade).

Ross (1992), utilizando trabalhos de autores, como Mercejakov (1968), Demek (1967) e o Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982), propôs uma representação cartográfica do relevo, em função da dimensão e da escala, estabelecendo seis taxons para as categorias de formas de relevo, conforme apresentado na Figura 3. Porém, cita a dificuldade de se elaborar mapas geomorfológicos, já que devem representar formas tridimensionais de diferentes formatos, tamanhos, gêneses e idades.

Figura 3 - Representação esquemática das unidades taxonômicas propostas por Ross (1992)



Fonte: Torres, Marques Neto e Menezes (2012, p. 295)

O primeiro taxon corresponde à unidade morfoestrutural, que é a forma de relevo maior e pode conter uma ou mais unidades morfoesculturais, que refletem as

diversidades litológicas da estrutura e os tipos climáticos que atuaram no passado e os atuais.

A Bacia Sedimentar do Paraná, por exemplo, constitui o primeiro táxon no caso da área de estudo. Sua gênese associa-se à formação de uma sequência de depósitos marinhos e continentais que se estendem desde o Paleozóico até o Cenozóico.

O segundo táxon refere-se às unidades morfoesculturais, posicionadas em diferentes níveis topográficos, que foram geradas a partir do Cenozóico, com a epirogenia da plataforma sul-americana. É representado, no Estado de Goiás, por exemplo, pelo Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, pelo Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, pela Depressão do Araguaia, dentre outras. São de dimensões inferiores à unidade morfoestrutural e têm também, idade mais recente. Entretanto, as unidades morfoesculturais não apresentam total homogeneidade em toda sua extensão, como é o caso do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, que apresenta características morfológicas e de morfometria diferentes em sua extensão.

No terceiro táxon estão definidos os agrupamentos de formas de agradação (relevo de acumulação) e as formas de denudação (relevo de dissecação). As formas agradacionais (acumulação) são representadas por planícies de diferentes gêneses (marinha, fluvial e lacustre), determinando a gênese e o processo de geração da forma; e as formas denudacionais (erosão) esculpidas pelos processos erosivos, como morros, colinas, serras e cristas.

O quarto táxon refere-se a cada uma das formas de relevo contidas nas unidades morfológicas ou de padrões de formas semelhantes. A forma individualizada se caracteriza pelo topo aguçado (a), convexo (c), tabular (t), ou aplanada (p) nos relevos de denudação, e como planícies fluviais (pf) e flúvio-lacustres (pfl), nos relevos de agradação. O quinto táxon considera as dimensões das formas de relevo. Corresponde ao tamanho médio dos interflúvios e ao grau de entalhamento dos canais, representado por uma combinação de dois números, caracterizando o “índice de dissecação”. No sexto táxon são incluídas as pequenas formas de relevo, resultantes de indução antrópica ao longo das vertentes. São as formas que se desenvolvem pelos processos erosivos e depósitos atuais. “Essas formas são totalmente induzidas pela interferência da ação humana no ambiente natural, gerando absoluto desequilíbrio, tornando o ambiente instável do ponto de vista morfodinâmico” (ROSS, 1992, p. 20).

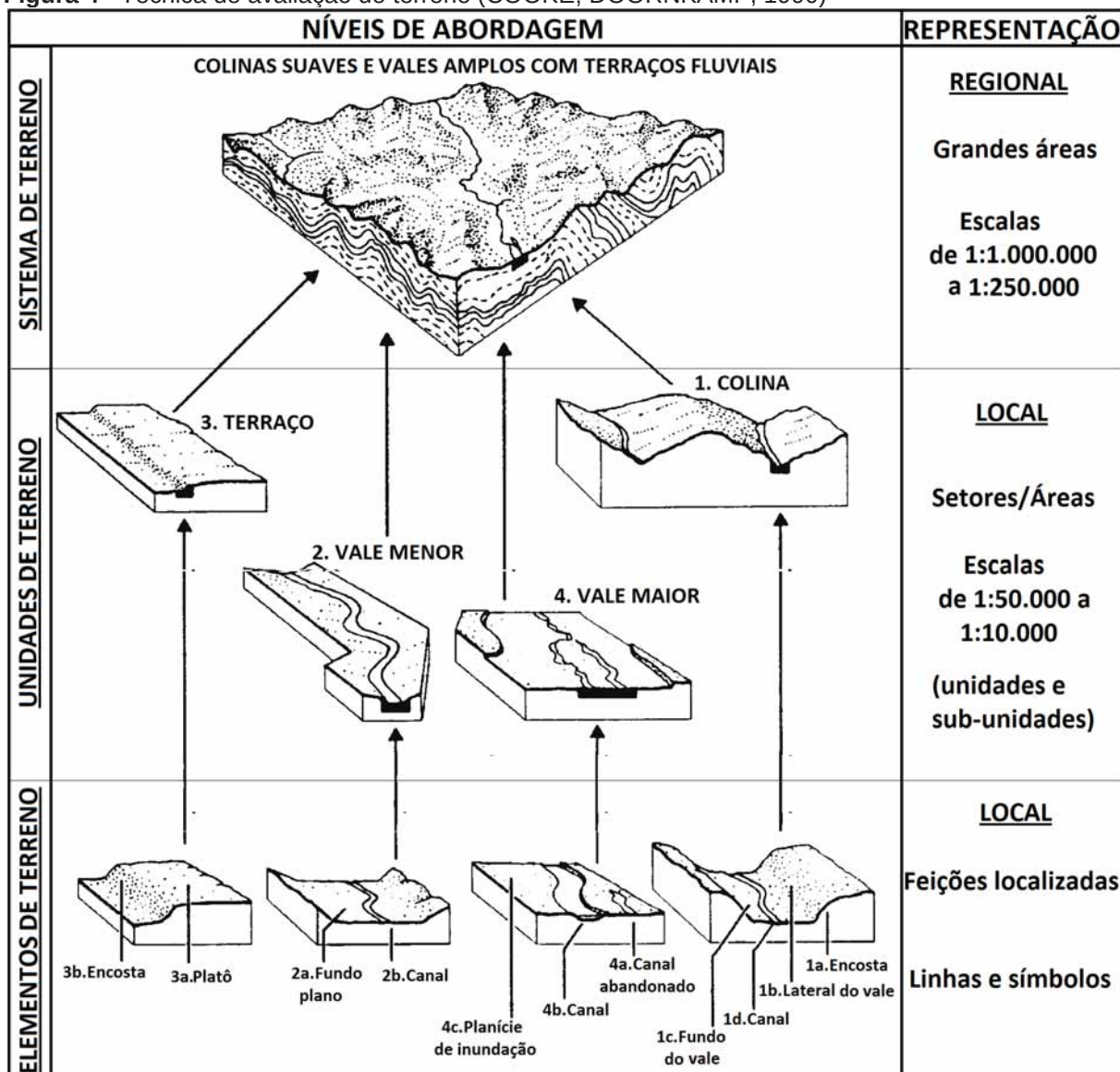
2.2.5 Metodologia de Lollo

Lollo (1995) aplica o método de avaliação de terrenos e utiliza o conceito de *landforms* não apenas como formas e feições de relevo e sim como:

porção de terreno originada de processos naturais e distinguível das porções vizinhas (demais *landforms*) em pelo menos um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, frequência e organização dos canais, inclinação das vertentes e amplitude de relevo (LOLLO, 1995, p. 59).

A Figura 4 representa a aplicação da técnica de avaliação do terreno proposta por Lollo (1995), considerando os três níveis hierárquicos: sistema de terreno, unidade de terreno e elemento de terreno.

Figura 4 - Técnica de avaliação do terreno (COOKE; DOORNKAMP, 1990)



Fonte: modificado de Lollo (1995).

2.3 Técnicas de Fotointerpretação

Dentre as técnicas e procedimentos de fotointerpretação, foram abordadas duas metodologias, a de Soares e Fiori (1976) e a de Zaine (2011).

2.3.1 Metodologia de Soares e Fiori

Soares e Fiori (1976) destacaram a importância da prática para o fotointérprete conseguir desenvolver hábitos mentais e aptidões no processo de identificação e análise dos elementos da imagem. Assim, os autores sistematizaram o processo de fotointerpretação em três etapas:

- Fotoleitura: reconhecimento e a identificação dos elementos da imagem, com os objetos correspondentes e sua repartição;
- Fotoanálise: estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes de imagens;
- Fotointerpretação: estudo da imagem fotográfica visando a descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens (SOARES; FIORI, 1976, p. 72).

As etapas de análise e interpretação do método lógico de fotografias aéreas estão sintetizadas no Quadro 1 onde se relaciona as propriedades a serem analisadas e a possível interpretação dos fatores que controlam a textura e a estrutura da imagem.

Quadro 1 – Propriedades e fatores considerados na análise e interpretação da rede de drenagem e das formas de relevo em fotografias aéreas

Fotoanálise		Fotointerpretação
Análise da rede de drenagem	Propriedades: a) densidade b) sinuosidade c) angularidade d) tropia e) assimetria f) lineações de drenagem	Fatores que controlam a textura e a estrutura da imagem: A. Morfogenéticos B. Litológicos a) Resistência à erosão b) Permeabilidade c) Plasticidade e ruptibilidade d) Solubilidade e) Tropia C. Deformacionais a) Atitudes das camadas b) Fraturas c) Falhas d) Dobras
Análise das formas de relevo	Propriedades (de textura e estrutura): densidade rupturas de declive (quebras positivas e negativas) assimetria lineações alinhamentos formas das encostas	

Fonte: modificado de Soares e Fiori (1976) por Zaine (2011)

No processo de fotoanálise e fotointerpretação, Soares e Fiori (1976) conceituaram e detalharam os elementos texturais e estruturais da imagem, apresentando critérios para a classificação, com base nas formas de arranjo da drenagem e relevo.

2.3.2 Metodologia de Zaine

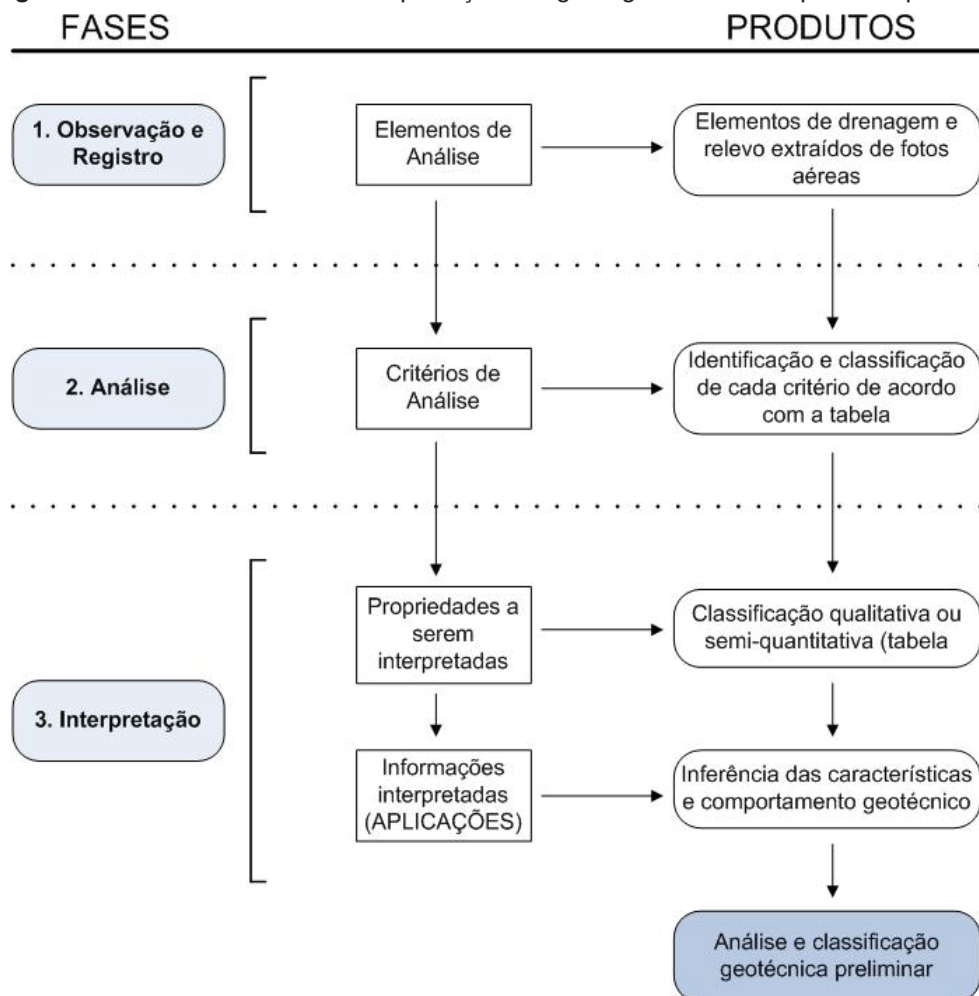
Zaine (2011) apresenta uma metodologia denominada fotogeologia aplicada, conforme apresentado no Quadro 4 (cap. 2, p. 23), prevendo-se sua aplicação na ordem listada a seguir:

- 1) Análise da densidade textural (elementos de drenagem e relevo)
- 2) Análise das formas e características do relevo
- 3) Análise das estruturas geológicas (elementos estruturais)
- 4) Análise complementar (tonalidades, uso do solo e processos geológicos)

Cada quadro foi organizado em três fases de elaboração:

- a) observação e registro;
- b) análise;
- c) interpretação e aplicação.

Esta sequência é ilustrada a seguir, de forma sintética, na Figura 5:

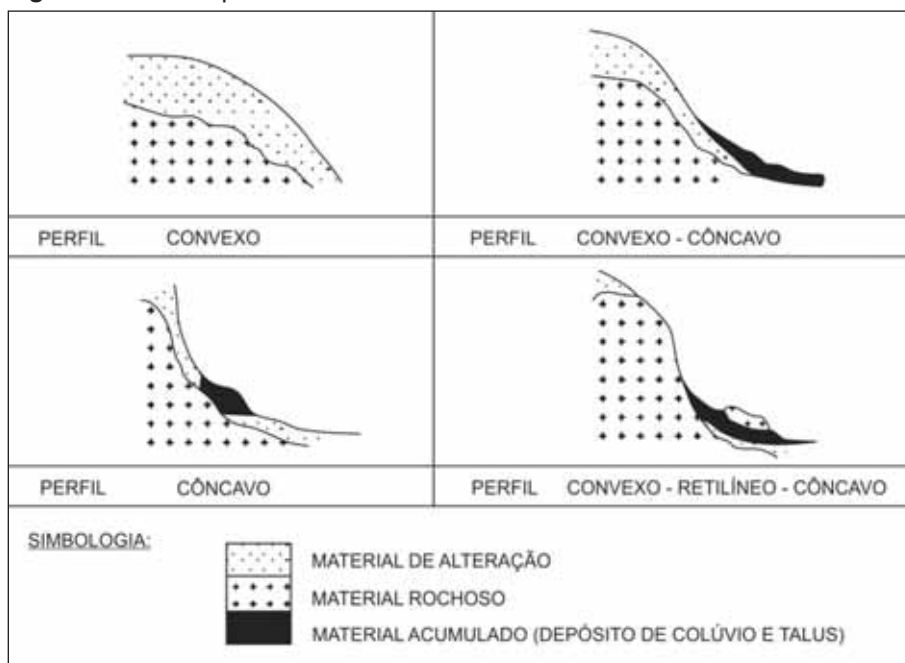
Figura 5 - Fases de análise e interpretação fotogeológica e seus respectivos produtos

Fonte: Zaine (2011)

2.3.3 Metodologia de Vedovello

Para Vedovello (2000, p. 30), a compartimentação fisiográfica consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem internamente características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das de áreas adjacentes. Tal compartimentação pode ser efetuada em diferentes escalas, sendo comum a determinação de classes de unidades fisiográficas que englobam outras (em escalas maiores) ou por outras são englobadas (em escalas menores).

Um dos procedimentos de Vedovello (2000), para identificação das formas de topos e encostas em fotografias aéreas, permite a classificação de propriedades, tais como: grau de alterabilidade, tipo de material do perfil de alteração e espessura deste perfil. A classificação baseia-se na análise dos perfis típicos de encostas (Figura 6) associadas às propriedades e características do terreno (Quadro 2).

Figura 6 – Perfil típico de encostas

Fonte: Vedovello (2000, p. 41)

Quadro 2 – Relações entre formas de topo e encosta, propriedades e características do terreno

PROPRIEDADES	TIPOS DE TOPOS E ENCOSTAS			
	Convexa-convexa	Convexa-côncava	Côncavo-convexa	Convexa-retilínea-côncava
Grau de alterabilidade	Muito alta	Alta	Média	Baixa
Material de alteração	Argiloso, coesivo, plástico	Arenoso, semi coesivo, ligeiramente plástico	Areno-argiloso, não coesivo, não plástico	Arenoso (siltoso), coesivo, plástico
Espessura do manto de alteração	Muito espesso	Moderadamente espesso	Pouco espesso	Delgado

Fonte: Vedovello (2000, p. 41)

2.4 Processos Morfodinâmicos

Entende-se por processos morfodinâmicos, os fenômenos responsáveis por alterações evolutivas do modelado do relevo, os quais são responsáveis pelas suas esculturações, através da ação da dinâmica externa, envolvendo as fases de erosão, transporte e acumulação.

É preciso conhecer a dinâmica erosiva, a partir do momento em que as gotas de chuva começam a bater no solo e provocam rupturas de agregados, pela ação do

splash, até causar a selagem do solo, dificultando a infiltração, promovendo o escoamento concentrado, formando ravinas e boçorocas.

A ação do *splash*, conhecido por erosão por salpicamento, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo para serem transportadas pelo escoamento superficial. Na concepção de Guerra (1999, p.18), ocorre de três maneiras:

- Pela ruptura dos agregados em partículas menores,
- Pelo deslocamento das partículas,
- Pela formação de turbulência quando atinge uma lâmina de escoamento superficial, aumentando seu poder destrutivo.

Caseti (1995, p. 76), ao analisar a estabilidade da vertente pela cobertura vegetal, afirma que “um dos principais efeitos determinados pela cobertura vegetal é o de interceptação da água de chuva”. Esse efeito se manifesta em defesa do terreno pelo impacto da gota da chuva (efeito de *splash*).

O processo erosivo varia não só com a resistência do solo ao impacto das gotas de chuva, como também com a sua própria energia cinética, a qual determina a erosividade, que é a capacidade da chuva em causar erosão. A energia cinética da chuva se relaciona com sua intensidade em romper os agregados do solo com menor ou maior facilidade, formando crostas. Esta selagem provoca o aumento do escoamento superficial (*runoff*) em relação à infiltração. As águas começam a escoar quando a quantidade precipitada é maior que a velocidade de infiltração. Desta maneira, aumenta o poder de desprendimento e transporte de partículas pelo escoamento superficial difuso, dando origem à erosão laminar.

Ainda segundo Caseti (1995, p. 65, 66), a partir do momento em que o homem se apropria da vertente e inicia um processo de transformação, tendo-a como suporte ou recurso, o que normalmente se dá através do desmatamento, com consequentes cortes ou aterros, as relações processuais são alteradas: a chuva deixa de ser interceptada, proporcionando a desagregação mecânica do solo pelo efeito *splash*, ao mesmo tempo em que responde pelo aumento do fluxo por terra, com consequente dessolagem, ravinamento, boçorocamento ou mesmo deslizamento de massa. No entanto, o comportamento paralelo começa a predominar sobre o perpendicular, ocasionando o desequilíbrio da vertente com a intervenção do homem através do desmatamento, provocando o desequilíbrio

climático. A eliminação da interface implica alteração hidrodinâmica, que é determinada pela intensidade e frequência das chuvas em função das alterações processadas no relevo.

Para Casseti (1995), quanto maior o declive ou gradiente da vertente, mais o componente paralelo se intensifica, o que responde pelo enfraquecimento do componente perpendicular.

Para Bloom (2000), uma paisagem terrestre é constituída de rochas formadas por forças internas da Terra, atuando através do tempo. A paisagem é o resultado da reação das rochas com a atmosfera, e a força da água em movimento sob a ação da energia solar. Os produtos do desgaste são levados encosta abaixo, onde são acumulados como sedimentos, “até que forças internas os transformam em novas rochas, levantando-as como terrenos novos” (BLOOM, 2000, p.18). A paisagem é dinâmica, está em constante modificação através de processos externos e internos que agem em conjunto ao longo do tempo sobre formas iniciais, promovendo a evolução das paisagens. As formas de relevo se desenvolvem em equilíbrio com os processos modeladores através das fontes de energia que dirigem forças na superfície terrestre modificando as paisagens.

Na concepção de Guerra (1987), o termo erosão para geógrafos e geólogos implica um conjunto de ações, que modelam uma paisagem. O pedólogo e o agrônomo, porém, consideram-na do ponto de vista da destruição dos solos.

De acordo com Salomão (1990, p. 21), erosão refere-se “ao processo de desintegração e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e organismos (plantas e animais)”.

A erosão constitui uma forma natural de evolução do relevo e atua com os processos pedogenéticos. Quando há um equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese denomina-se erosão natural ou geológica. Quando o homem rompe o equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, através do uso e ocupação do solo, não permitindo o balanço entre a formação do solo e a morfogênese pelos processos erosivos, tem-se a erosão antrópica ou acelerada.

De acordo com Guerra (1987, p.155), erosão antrópica ou antropogenética e acelerada é motivada por desflorestamento, cortes de barrancos em estradas etc.

Guerra (1999, p.17) ressalta:

o processo erosivo é intensificado em certas estações do ano, pela concentração das chuvas nas áreas de clima tropical. Com o desmatamento, os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno. Esse é o processo que causa a erosão laminar (escoamento difuso) e a erosão linear (escoamento superficial e subsuperficial concentrados).

A erosão é um processo que tem início com a remoção de partículas, que serão transportados por vários meios e, quando não há energia suficiente, inicia uma outra fase, a deposição (sedimentação ou colmatação) do material transportado. A erosão hídrica pluvial se relaciona aos vários caminhos da água de chuva durante a sua passagem pela vegetação e pelo seu movimento na superfície do solo. Segundo o IPT (1986, p.15), “erosão é a desagregação e remoção de partículas do solo ou rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)”.

De acordo com Tricart (1968, p. 10), os processos de erosão do solo envolvem tanto o campo da Geomorfologia como o da Pedologia, à medida que a retirada do material alterado da superfície contrapõe-se, em parte, pelo menos, à pedogênese, parecendo ser este antagonismo mais agressivo nas regiões de clima quente e úmido. Durante a formação dos solos, a ação morfogenética estaria presente por meio de capeamentos por aportes de material, ou mesmo por truncamentos de perfis, devido à retirada de camadas superficiais.

Novaes Pinto (1988, p. 105) afirma que “o processo de erosão é composto de fases de retiradas, de transporte e deposição de material, podendo ser o transporte curto ou longo, dependendo da energia do ambiente”. Dessa forma, as feições ou marcas que afetam horizontes superficiais, como sulcos, ravinas, boçorocas, são considerados resultantes da presença de processos erosivos.

Nascimento (1998) lembra que as formas de uso e manejo dos solos constituem fatores de indução à erosão. O estudo desses fatores requer o conhecimento das atuais formas de ocupação e utilização das terras. Pela atuação do homem, praticamente todos os demais fatores que influenciam os processos erosivos são modificados.

Bueno (1994, p. 52) observa que “quando se respeita o arcabouço natural definido pelos fatores do meio físico intervenientes nos processos de erosão, subentende-se que está estabelecida a vocação natural de ocupação dos solos. Determinam-se, então, os limites potenciais de utilização das terras”. Acrescenta que

alterações nesse equilíbrio geram expectativa de erosão, que podem ser expressas pelas discrepâncias entre a ocupação ideal do terreno e aquela imposta pelo homem.

Para Bloom (2000, p.104), “erosão acelerada por causas naturais ou provocadas pelo homem, é boa prova de que as paisagens evoluem, pois que as mudanças ocorrem em escala natural, exceto em relação ao tempo”. Infelizmente, o “acidente” que induz às transformações aceleradas, comumente, afeta somente um ou poucos processos de transformação. Erosão acelerada, originada por derrubada de matas e cultivo de terras, é causada por escoamento mais rápido e concentrado.

A erosão linear corresponde ao escoamento superficial e subsuperficial concentrado, que comanda o desprendimento e o transporte de partículas do solo, formando sulcos, ravinas e boçorocas. Começa a haver uma concentração dos fluxos de água e aumenta a concentração de sedimentos no interior do fluxo linear, aumentando o atrito entre as partículas e o fundo dos canais, intensificando mais a erosão, formando sulcos. Quando um sulco se aprofunda e se alarga, esse canal passa a ser classificado como uma ravina, e quando intercepta o lençol freático, desenvolve-se a boçoroca. A boçoroca pode ser formada através de uma passagem gradual da erosão laminar para a erosão em sulcos e ravinas cada vez mais profundas, ou, então, diretamente a partir de um ponto de elevada concentração de águas pluviais sem a devida dissipação de energia (IPT,1990).

Segundo Guerra (1987), regolito é o material decomposto derivado da rocha-matriz, sem ter sofrido transporte, o qual ainda não sofreu o processo da edafização. O regolito constitui o material decomposto, isto é resultante da meteorização e não da edafização.

Para este autor, o rastejamento ou *creep* é o movimento coletivo e lento de solo ou de rocha decomposta. Nas zonas de declives mais fortes, o *creep* pode ser notado com mais facilidade, e seu movimento é mais rápido. Na capa de detritos o *creep* se faz sentir com mais rapidez na parte superficial, diminuindo de importância à medida que se aprofunda a espessura do material decomposto.

A água exerce papel importante no movimento do regolito, por reduzir o coeficiente de fricção, como lubrificante, e por aumentar o peso da massa rochosa alterada, preenchendo os espaços vazios entre os poros, acelerando o movimento do regolito (BLOOM, 2000). A seguir são apresentados os tipos de erosão hídrica

segundo Almeida Filho e Ridente Júnior (2001); DAEE/IPT (1989) e Guerra (1999), como mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipos de Erosão Hídrica

Processos de Erosão Acelerados por Ação da Água				Características
Escoamento Superficial	Difuso Em Lençol	Erosão laminar	Erosão Laminar ou em Lençol	- Exposição de raízes - Queda de produtividade agrícola
	Concentrado Fluxo Linear	Erosão Linear	Erosão em Sulco	- Larg/Prof<50cm - Bordas: Pequena ruptura na superfície - Trilha de gado - Solo exposto
			Erosão em Calha	- Largura < 5m - Erosão em forma de canal - Bordas suaves - Vegetação no interior
			Erosão em Ravina	- Profundidade máxima no solo < 10m - Profundidade mínima no solo 30 a 50 cm - Raramente ramificadas - Não atinge o lençol freático - Forma alongada
	Subsuperficial Concentrado Fluxo Linear	Erosão Linear	Erosão em Boçoroca	- Aprofundamento das ravinas ou não - Interceptação do lençol freático - Surgências de água - <i>Piping</i> - Colapsos - Alargamento da feição erosiva e ramificação - Liquefação nos sopés de taludes - Solapamento da base de taludes - Movimentos de massa localizados - Escorregamentos - Deslizamentos
Solapamento das Margens Fluviais				- Desenvolve em planícies fluviais - Retrabalha terraços fluviais e depósitos de assoreamentos recentes - Alargamento do canal fluvial

Fonte: Adaptado de Almeida Filho e Ridente Júnior (2001)

O início do escoamento superficial se dá a partir da ação:

- Do *splash* na superfície do solo, o qual rompe os agregados e leva a selagem do solo, dificulta assim a infiltração e aumenta o escoamento das águas.
- O solo fica saturado de água e inicia a formação de poças o que dá início ao escoamento difuso seguido do escoamento concentrado
- Precipitação excede a capacidade de infiltração do solo.

A seguir os Processos de Erosão Acelerados por Ação da Água Superficial:

- Erosão Laminar ou em Lençol: Causada pelo escoamento em lençol superficial difuso das águas superficiais. No momento em que o solo fica saturado de água favorece a formação de poças, até que começa a descer a encosta através de um lençol. Esse processo denominado de erosão laminar ou erosão em lençol retira a camada superficial do solo.

- Erosão Linear: Causada pelo escoamento superficial concentrado das águas superficiais. Corresponde ao estágio seguinte ao escoamento em lençol. Está relacionada ao fluxo linear que se concentra em canais.

- Erosão em Sulcos: Causada pelo escoamento superficial concentrado das águas superficiais. Os sulcos referem-se a feições relacionadas ao fluxo concentrado. São considerados profundidade e largura menor que cinquenta centímetros, com bordas suaves. Estão associados a trilhas de gado e em áreas de solo exposto.

- Erosão em Calha: Causada pelo escoamento superficial concentrado das águas superficiais. A erosão apresenta em forma de canal, são pouco profundo e bordas suaves e largura inferior a cinco metros e mantêm-se com vegetação no seu interior.

- Erosão em Ravina: Causada pelo escoamento superficial concentrado das águas superficiais. Refere-se às feições relacionadas ao fluxo concentrado. Apresenta profundidade mínima para as ravinas em torno de 30 a 50 centímetros e máxima de até dez metros. As ravinas são de forma alongada, mais compridas que largas, não são ramificadas e não atinge o lençol freático.

- Erosão em Voçoroca: A palavra voçoroca (ou boçoroca) provém do tupi-guarani “ibi-çoroc”, e tem o significado de terra rasgada. A boçoroca pode ser formada a partir da evolução da erosão laminar para erosão em sulcos e ravinas cada vez mais profundas, ou então, a partir de concentração de águas. Ocorrem processos como: erosão interna ou *piping*, interceptação do lençol freático, surgências de água, colapsos, alargamento da feição erosiva e ramificação, liquefação nos sopés de taludes, solapamento da base de taludes, movimentos de massa localizados, escorregamentos, deslizamentos.

- Solapamento das Margens Fluviais: É outro tipo de processo erosivo, que se desenvolve em planícies fluviais e aparece como importante fator no

retrabalhamento de sedimentos depositados nos fundos de vale (terraços fluviais e depósitos de assoreamentos recentes). Este processo também ocorre, muitas vezes, em linhas de talvegue ou cursos d'água perenes de primeira ordem, por meio do alargamento do canal fluvial (RIDENTE JUNIOR, 2000).

Ainda, segundo Bloom autor (2000. p.69-70), a paisagem é composta de elementos de encosta, cada um deles reagindo de modo particular ao efeito local do intemperismo, escorregamento e erosão. Todos os elementos são, contudo, relacionados, pois um desequilíbrio imprimido a qualquer parte da encosta afeta os segmentos adjacentes. Uma encosta dinamicamente estável ou em equilíbrio (*graded*), é um exemplo de sistema físico aberto, no qual, tanto a energia como a matéria se move. É um sistema que tende para processos de auto-regulação.

Infanti Junior e Fornasari Filho (1998) apresentam as principais características dos movimentos de massa em encosta, relativos à dinâmica de ambientes tropicais no Quadro 4.

Os movimentos de encosta podem estar associados ao uso e à cobertura do solo. Para a identificação de áreas com discrepâncias entre uso efetivo da terra e sua aptidão agrícola e avaliação da dinâmica da ocupação agrícola do espaço do território rural, é importante efetuar o levantamento periódico para o acompanhamento do uso da terra, objetivando não somente contemplar uma avaliação histórica da ocupação, favorecendo uma análise de tendências, como criar registros referentes a estas temáticas para planejamento (NOVAES PINTO, 1988).

Macedo (1993) afirma que a agricultura intensiva, quando utilizada de forma inadequada, a exemplo das pastagens cultivadas, pode levar à degradação dos recursos naturais. O excessivo preparo de solo com grades destrói a estrutura superficial e compacta nas profundidades aráveis. Nessas condições, a taxa de infiltração de água cai sobremaneira, levando o processo de erosão laminar para linear.

Quadro 4 – Características dos principais movimentos de encosta na dinâmica ambiental

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo (<i>creep</i>)	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rochas alterada/fraturada, Geometria indefinida
Escorregamentos (<i>slides</i>)	Poucos planos de deslocamentos (externos) Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos e grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis • Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza • Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas • Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (<i>falls</i>)	Sem planos de deslocamentos Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos e médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos etc. Rolamento de matacão Tombamento
Corridas (<i>flows</i>)	Muitas superfícies de deslocamento (interna e externas à massa em movimentação) Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998, p.137)

Conforme Cruz e Santana (1993), áreas com presença de tocos e raízes exigem equipamentos robustos. O uso continuado ocasiona a excessiva pulverização do solo, o que resulta em selamento ou encrostamento superficial. Com isso, a infiltração da água é reduzida, aumentando o escoamento superficial, a erosão e o assoreamento.

Com o manejo inadequado, Cruz e Santana (1993) lembram que uma das formas mais viáveis de recuperação de pastagens é através da rotação e/ou consorciação com lavouras comerciais de grãos, que apresentam rápido retorno à adição de corretivos e fertilizantes, ficando os resíduos para as pastagens plantadas. Desta forma, é possível recuperar pastagens degradadas e manter as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, assegurando a sustentabilidade desses sistemas agrícolas.

2.4.1 Fatores condicionantes dos processos erosivos

A fim de subsidiar a avaliação dos processos erosivos segundo a forma de ocorrência (intensidade e frequência) nas unidades de análise integrada do meio físico, destacam-se os seguintes fatores predisponentes, os quais são citados nos trabalhos de Bellinazzi Júnior et al. (1981), IPT (1990) e Almeida Filho e Ridente Júnior (2001):

1. Solo: representa um fator intrínseco ao desenvolvimento dos processos erosivos, uma vez que além de comandar a erosão, o solo é diretamente afetado por ela. O tipo de solo determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão (erodibilidade). Solos mais arenosos se desagregam mais facilmente que os solos argilosos, e deste modo a textura (e a relação textural entre os horizontes) dos solos é uma importante propriedade que define a erosão. Entre outras propriedades físicas do solo que conferem maior ou menor erodibilidade ao terreno, destacam-se composição, estrutura, permeabilidade, densidade e características químicas, biológicas e mineralógicas. Outra característica importante do solo com relação ao seu comportamento erosivo é sua espessura. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento concentração do fluxo de escoamento superficial.

2. Topografia: sua influência na erosão é analisada pela ponderação de dois fatores: declividade e comprimento de rampa. A declividade tem maior importância quanto maior for o trecho percorrido pela água que escoar, ou seja, quanto maior for o comprimento das encostas Estes fatores interferem diretamente na velocidade do escoamento das águas pluviais, sendo esperada maior ação destrutiva da erosão (erosividade) em relevos acidentados do que em relevos suaves.

3. Cobertura vegetal: fator de grande importância na defesa natural contra erosão, evitando a desagregação das partículas de solo, amortecendo o impacto direto das gotas de chuva, interceptadas pela folhagem. Também contribui na dispersão e quebra de energia do escoamento superficial, aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo através da incorporação da matéria orgânica e maior infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes.

4. Clima: um dos mais importantes condicionantes dos processos erosivos, uma vez que os eventos pluviométricos influenciam tanto na denudação do terreno como no comportamento do lençol freático. A ação da chuva é o principal fator

climático de importância direta no desenvolvimento dos processos erosivos através do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com energia e velocidade variáveis, assim como pelo escoamento e enxurradas.

5. Uso e ocupação do solo (fatores antrópicos):

I. Urbanização:

- áreas consolidadas e com intervenções artificiais são fortemente alteradas em função da impermeabilização do solo, acarretando em grandes volumes de escoamento superficial os quais provocam erosões de grande porte, principalmente em áreas com um sistema de drenagem e lançamento não adequado e com condições hidrológicas alteradas.

- áreas de expansão urbana caracterizados por núcleos de ocupação ainda não consolidados na periferia de cidades configuram locais onde ocorrem os processos de degradação ambiental mais intensos. Mesmo áreas de baixa suscetibilidade a erosão passam a desenvolver este processos, em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, pela implantação do sistema viário, e principalmente pela falta de infra-estruturas urbanas adequadas.

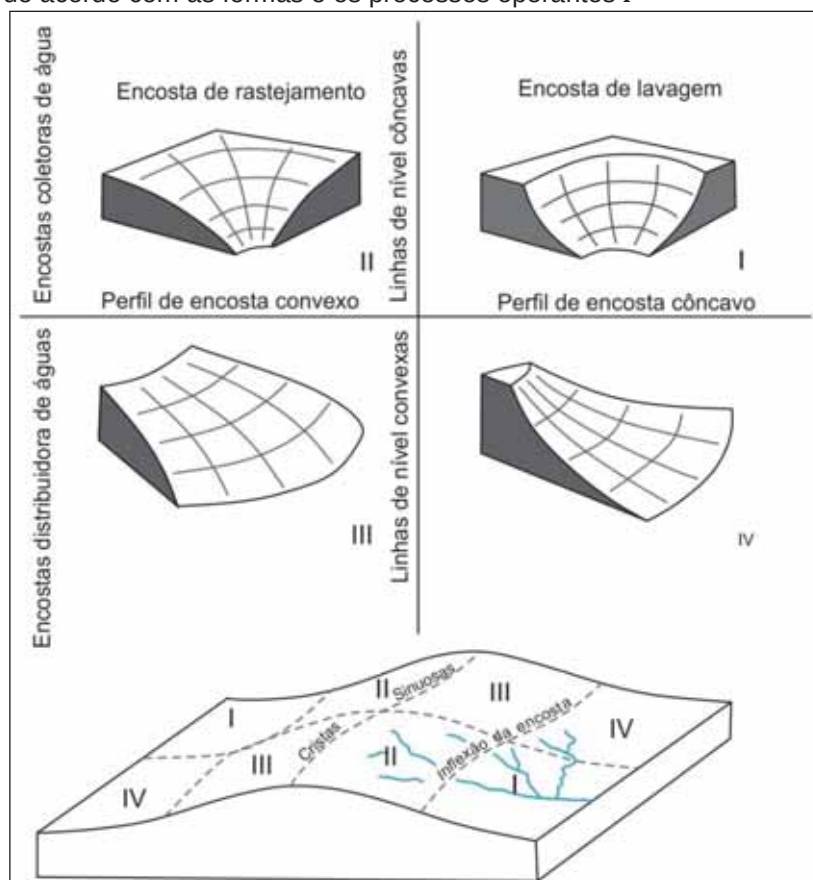
II. Pecuária: sendo necessário o desmatamento de grande áreas para pastagens, estas atividade podem ser consideradas de tendência média a alta de indução aos processos erosivos, apesar de manter uma cobertura do solo na maior parte do ano. Os principais problemas estão relacionados ao pisoteio do gado, levando a compactação do solo e aumento do escoamento superficial, onde as trilhas formadas favorecem a concentração do escoamento e desencadeiam os processos erosivos.

III. Atividades agrícolas: quando boas práticas de manejo e conservação do solo não são observadas, esta categoria se constitui-se como de alta tendência de indução e intensificação dos processos erosivos.

2.4.2 Tipos de Encostas, Descrição do Perfil de Alteração ou Manto de Intemperismo e Processos Operantes

Tipo de encosta é um dos critérios de análise do meio físico fotointerpretado. Troeh (1965) classifica os elementos de encosta de acordo com a forma e processos operantes (Figura 7).

Figura 7 - Classificação dos elementos de encosta de uma paisagem de acordo com as formas e os processos operantes I



Fonte: Troeh (1965).

Bloom (1970, p. 69), utilizando-se dos modelos geométricos de vertente de Troeh (1965), divide os quatro principais tipos de encostas em dois grupos a) “coletoras de água”, com contornos côncavos (quadrantes I e II); e b) “distribuidoras de água”, com contornos convexas (quadrantes II e IV). O eixo vertical do diagrama separa as encostas com perfis convexas, que facilitam o desenvolvimento do rastejo (quadrantes II e III), das encostas com perfis côncavos, que favorecem a lavagem pela água das chuvas (quadrantes I e IV).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico são descritos os materiais e os equipamentos utilizados, além dos procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Materiais utilizados

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados os seguintes materiais:

- Cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, na escala 1:100.000, ano 1973, correspondentes às Folhas:

SE-22-Z-A-I Riverlândia;
SE-22-Z-A-II Quirinópolis, e
SE-22-Z-A-V Santa Vitória.

- Mapas temáticos do Projeto Radambrasil (1985), na escala 1:1.000.000: geológico, geomorfológico, pedológico e de vegetação, compilados para a caracterização geoambiental da Bacia do Ribeirão das Pedras.

- Relatório do Projeto Radambrasil (1985).

- Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal, escala 1:500.000, ano 2000.

- Mapa Geológico do Estado de Goiás (2009), na escala 1:500.000.

Os equipamentos e/ou instrumentos utilizados na execução da etapa de fotointerpretação incluíram:

- Esteroscópio;

- *Software* ArcGis 9.3;

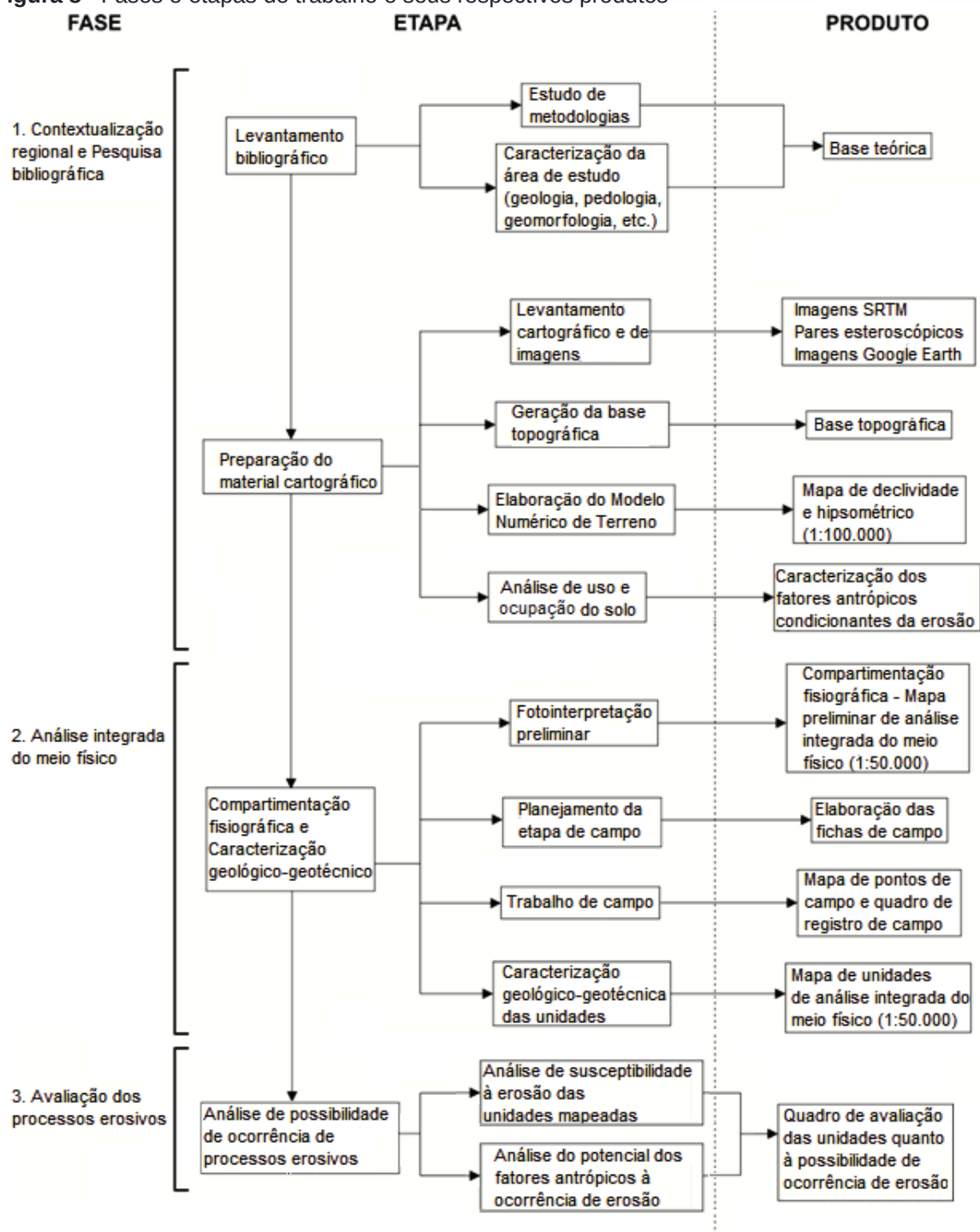
- Fotografias aéreas (USAF, 1965), na escala 1:60.000, cujas cópias foram fornecidas pelas empresas Metais de Goiás S/A (Metago) e Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM);

- Outros produtos de sensoriamento remoto com cenas do Spot Imagem, com 2,5 m de resolução, de forma a identificar as feições erosivas.

3.2 Métodos

Para a avaliação das feições erosivas, foi realizada a análise integrada das características do meio físico, envolvendo três etapas de trabalho apresentadas a seguir (Figura 8).

Figura 8 - Fases e etapas de trabalho e seus respectivos produtos



3.2.1 Levantamento Bibliográfico

Inicialmente, a pesquisa consistiu no levantamento do material publicado sobre o assunto e seleção das fontes dos referenciais teóricos e metodológico (trabalhos acadêmicos, artigos, legislação, base cartográfica e documentos oficiais). Esta etapa envolveu levantamento bibliográfico e cartográfico via internet, considerando o material disponível na biblioteca do campus da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Rio Claro, bem como o acesso eletrônico a sites de instituições públicas, dentre os quais destacam-se:

- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM),
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

A partir do levantamento bibliográfico preliminar sobre questões envolvendo caracterização do meio físico e gestão ambiental em Quirinópolis, obteve-se uma base de informações consistente e pertinente à temática proposta pelo estudo. Dentre o material consultado, destaca-se o levantamento dos fatores geomorfológicos e antrópicos relacionados aos processos erosivos em Quirinópolis (SANTOS, 2002).

Temas relacionados à cartografia geotécnica, mapeamento geológico-geotécnico, zoneamento geotécnico, análise integrada, sensoriamento remoto, compartimentação fisiográfica, geomorfologia, e perfil de alteração tropical foram abordados para a fundamentação teórico-metodológica da pesquisa. As principais referências foram Soares e Fiori (1976), Ponçano et al. (1981), Vedovello (1993), Cerri et al. (2006), Zuquette e Nakazawa (1998), Ridente Júnior (2008) e Zaine (2000, 2011).

Para a contextualização regional da presente pesquisa, destaca-se a grande contribuição dos trabalhos voltados à análise do meio físico, como Souza Júnior (1983), Almeida (1985), Lacerda Filho e Rezende (2000), Bittar e Oliveira (1971) e Pena (1975).

3.2.2 Preparação do material cartográfico

Para elaboração da base topográfica foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, a partir de imagens SRTM, disponibilizadas em meio eletrônico pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)¹, na unidade de pesquisa de temas básicos denominada Embrapa Monitoramento por Satélite.

As imagens SRTM estão relacionadas ao projeto *Shuttle Radar Topography Mission*, fruto da parceria estabelecida em 2000 por agências espaciais e órgãos federais dos Estados Unidos da América (NASA / NIMA / DOD), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). Este material consiste no levantamento de dados topográficos, visando a elaboração de um Modelo Digital de Elevação de toda superfície terrestre e disponibilizado gratuitamente pelo Serviço Geológico Americano (*United States Geological Survey* – USGS). Os dados foram produzidos para a região do planeta posicionada entre os paralelos 56°S e 60°N, oferecem 30 m de resolução vertical para os Estados Unidos da América e 90 m para as outras localidades, no sistema de coordenadas geográficas e Datum WGS-84.

Esses dados estão divididos por estados do Brasil e pelas articulações 1:250.000 do IBGE. No presente trabalho, foi realizado o *download* da folha SE-22-Z-A, onde a área de estudo está inserida.

Seguindo os procedimentos apresentados por Miranda (2005), esses produtos passam por:

- correções de identificação de áreas sem informação;
- preenchimento de grandes depressões espúrias e remoção de picos;
- geração de curvas de nível;
- interpolação por meio do SIG, com o módulo Topogrid, e
- substituição das áreas vazias pelos dados interpolados.

Após as correções, são geradas as imagens de relevo (MDE), que são imagens realçadas com os seguintes parâmetros (MIRANDA, 2005):

- utilização do gradiente estatístico da imagem (mínimo e máximo);
- unidade da elevação do MDE em metros;
- fator de exagero vertical igual a 1;

¹Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>.

- ângulo de azimute solar igual a 345°, e
- ângulo de elevação do Sol igual a 45°.

A partir da definição do Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), foi elaborado um banco de dados utilizando o *software ArcGIS 9.3*, o qual opera em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Definiu-se como referencial o *Datum South American 1969 – Zona 23*.

As técnicas de processamento digital possibilitaram a integração de diferentes tipos de dados (vetoriais e matriciais). Desde a disponibilização até a geração dos produtos finais, os dados SRTM envolveram uma sequência de processos, englobando, essencialmente:

- preenchimento das falhas de aquisição;
- refinamento da resolução espacial (de 90 m para 30 m) , e
- desdobramento em variáveis geomorfológicas e outros insumos derivados que, no caso da presente pesquisa, resultaram na geração da base topográfica e nos mapas de declividade, hipsométrico e relevo sombreado.

Com esses dados, foram extraídas as curvas de nível com equidistância de 20 metros, compondo a base topográfica utilizada nesta etapa de trabalho, mediante a utilização do *software ArcGIS 9.3*, por meio da ferramenta *ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Contour*.

Os mapas de declividade e hipsométrico foram gerados a partir do MDE e representados com transparências de 45% e 25%, respectivamente, sobre o mapa de relevo sombreado.

Para gerar o mapa de relevo sombreado, foi utilizada a ferramenta *ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Hillshade*, adotando os seguintes valores: fator de exagero vertical igual a 0,0001136493, ângulo de azimute solar igual a 315°, e ângulo de elevação do Sol igual a 45°.

Na geração do mapa hipsométrico, foi aplicada uma imagem do MDE com 25% de transparência sobre o relevo sombreado, com escala de cor variando do verde escuro ao rosa claro. Dessa forma, o resultado final é uma imagem de relevo colorida de acordo com a variação da altitude do terreno.

O mapa de declividade foi gerado com a utilização do módulo *ArcToolBox → Spatial Analyst Tools → Slope*, estando representada em porcentagem e cuja definição dos valores numéricos baseou-se nos trabalhos de De Biasi (1970),

Ridente Júnior (2008) e Zaine (2011). Os valores adotados foram classificados em alta, média e baixa declividade, com o objetivo de relacioná-los com os elementos do meio físico mapeados (embasamento rochoso, perfil de alteração ou de materiais inconsolidados e tipos de relevo) e sua influência na gênese dos processos erosivos.

A seguir, o Quadro 5 apresente a relação entre as classes de declividade e os processos da dinâmica superficial, o qual apresentou grande utilidade nas etapas de caracterização final das unidades e avaliação da possibilidade de ocorrência de processos erosivos na área estudada.

Quadro 5 - Classes de declividade adotadas na caracterização da área de estudo

Declividades	Processos Geológicos	Classes
< 3%	- Erosão fluvial com solapamento das margens dos canais de drenagem; - Erosão linear de menor intensidade (sulcos) - Assoreamento e inundação.	Baixa
3 - 10%	Erosão linear de intensidade intermediária, com a formação de sulcos e ravinas devido ao fluxo concentrado do escoamento superficial da chuva.	Média
10% - 20%	- Erosão linear de alta intensidade com destaque para formação de boçorocas. - Erosão fluvial de grande porte junto às cabeceiras de drenagem de 1ª ordem.	Alta
> 20%	- Erosão linear de alta intensidade com ravinamento mais intenso; - Movimentos gravitacionais de massa, principalmente queda de blocos e escorregamentos de terras.	

Fonte: Adaptado de Ridente Júnior (2008).

Nesta etapa da pesquisa também foi organizado um banco de dados com imagens de satélite com o objetivo de subsidiar a análise dos fatores socioeconômicos envolvidos nos processos erosivos presentes na bacia do Ribeirão das Pedras. As imagens de satélite utilizadas são provenientes do banco de dados do *software* livre *Google Earth*, as quais possibilitaram a análise comparativa da evolução temporal da dinâmica de uso e ocupação da área estudada. Neste trabalho faz-se referência ao uso de imagens do *Google Earth*, obtidas pelas empresas *Digital Globe* e *Cnes/Spot Image*.

A *Digital Globe* é responsável pela série de satélites *Quickbird*, cujo primeiro lançamento bem-sucedido ocorreu em outubro de 2001, o qual continua em

operação e oferece imagens comerciais de alta resolução espacial (EMBRAPA, 2012). Consequentemente, tais imagens possuem aplicação direta em mapeamentos urbanos e rurais, bem como em estudos voltados ao manejo dos recursos naturais e dinâmica de uso e cobertura do solo. O sistema oferece dados com 61 cm de resolução espacial no modo pancromático e 2,4 m no modo multiespectral em um vasto campo de visada (*DIGITAL GLOBE*, 2012).

A empresa francesa *Spot Image*, com apoio da Suécia e Bélgica, iniciou o projeto de lançamento dos satélites da série *Spot* na década de 1970, com sensores ópticos, em bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. Ao todo foram lançados cinco satélites, divididos em três gerações, de acordo com alterações de suas cargas úteis (EMBRAPA, 2012).

A plataforma opera com três satélites (2, 4 e 5) e oferece imagens com resoluções espaciais, que variam de 2,5 m a 20 m. Suas especificações técnicas apresentam uma grande capacidade de visadas dos sensores, possibilitando o fornecimento de imagens das regiões de interesse. Destaca-se o uso das imagens *Spot* no acompanhamento do uso agrícola das terras, atualização de mapas e cartas, entre outros (EMBRAPA, 2012).

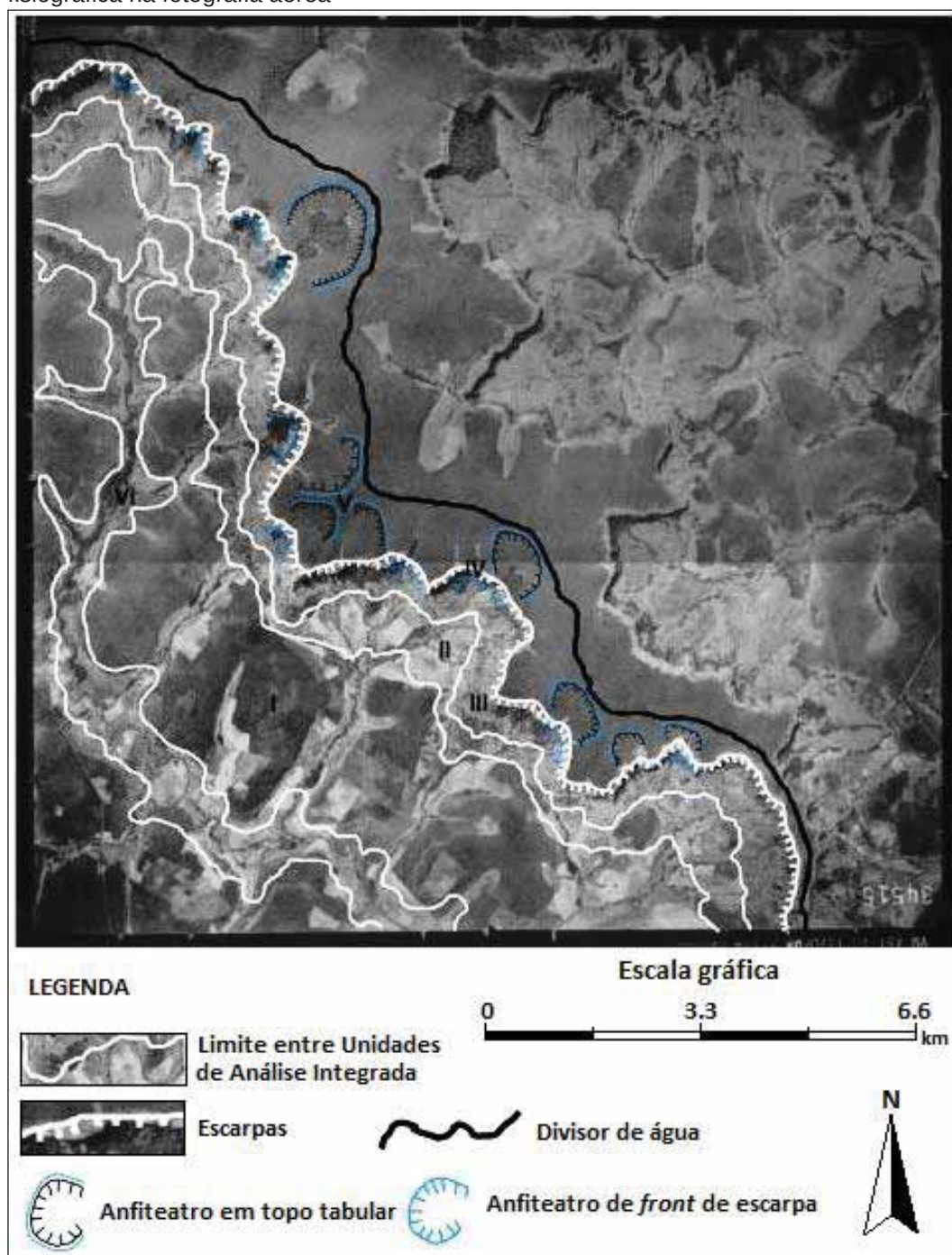
3.2.3 Caracterização e análise fisiográfica integrada

Na etapa de caracterização e análise fisiográfica integrada, para a divisão da área em compartimentos fisiográficos homogêneos ou zonas homólogas, foi aplicado o método de Zaine (2011), que se baseou nos trabalhos de Vedovello (1993; 2000), Lollo (1995), Ponçano et al. (1981), Soares e Fiori (1976). Foram utilizadas imagens de satélite e fotografias aéreas, aliadas a dados obtidos em levantamentos de campo.

A compartimentação fisiográfica foi realizada por meio da interpretação de fotografias aéreas com uso de estereoscópio e *overlays* sobre as fotografias aéreas, permitindo-se a delimitação de unidades homogêneas a partir dos elementos texturais, e a definição de zonas homólogas pela repetição de elementos texturais e estruturais.

A Figura 9 exemplifica a delimitação das unidades de análise ou compartimentos fisiográficos preliminares da área de estudo em fotografia aérea, escala 1:60.000.

Figura 9 – Fotoanálise e representação da distribuição dos compartimentos de análise fisiográfica na fotografia aérea



Fonte: Força Aérea dos Estados Unidos (*United States Air Force* – USAF, 1965) / Escala original de 1:60.000.

Os critérios para a delimitação das unidades tiveram por base a forma topográfica, a inclinação de vertentes e as características de organização da drenagem, como frequência e estruturação da rede de canais. Nos Quadros 6 e 7 são apresentadas as unidades identificadas, acompanhadas de descrição, a partir dos trabalhos de Lollo (1995) e Ponçano et al. (1981), respectivamente.

Quadro 6 - Unidades de terreno e critérios de reconhecimento

Unidade	Crítérios de reconhecimento
Escarpa	Vertentes retilíneas com altas declividades (>20%), amplitude de relevo maior que 100 m.
Colina	Vertentes convêxas ou côncavas, topos ondulados a aplainados, declividades moderadas a baixas (<10% na maioria dos casos), amplitude de relevo menor que 100 m.
Vale	Vertentes convexas ou côncavas, declividades variadas (desde muito baixas até altas), amplitude de relevo variada.
Morrote	Vertentes predominantemente convexas, topos arredondados a angulosos, declividades moderadas a altas (>10%), amplitude de relevo menor que 100 m.
Morro	Vertentes convexas a retilíneas, topos ondulados a pontiagudos, declividades altas (>20%), amplitude de relevo maior que 100 m.

Fonte: Lollo (1995)

Quadro 7 – Aplicação dos principais critérios para identificação de categorias dentro dos relevos de agradação

Conjuntos de sistemas de relevo	Declividade predominante das encostas	Amplitudes locais
Relevo colinoso	0 a 15%	<100 m
Relevo de morros com encostas suavizadas	0 a 15%	100 a 300 m
Relevo de morrotes	> 15%	<100 m
Relevo de morros	> 15%	100 a 300 m
Relevo montanhoso	> 15%	>300 m

Fonte: Ponçano et al. (1981)

A seguir, no Quadro 8, são apresentados os termos e os critérios utilizados na descrição e identificação das unidades.

Quadro 7 – Critérios utilizados na caracterização das unidades de relevo

Critério	Categoria	Intervalo	Conceito
Amplitude local	Pequena Média Grande	0-100 m 100-300 m >300 m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
Declividade	Baixa Média Alta	0 a 15% 15 a 30% > 30%	Inclinação média do perfil da encosta, expressa em porcentagem.
Densidade de drenagem*	Baixa Média Alta	0-05 5-30 30	Número de cursos d'água perenes numa área de 10 km ²
Expressão de colinas em área*	Pequenas Médias Amplas	< 1km ² 1-4 km ² > 4 km ²	Área ocupada pelas unidades de relevos entre seus limites limítrofes, ou seja, área os interflúvios
Topos	Extensos Restritos		Convencional
Forma de topos	Aplainados Arredondados Angulosos		Convencional
Perfil de vertentes	Convexo Retilíneo Côncavo		Convencional
Padrão de drenagem	Dendrítico Paralelo Retangular Pinulado Em treliça		Convencional
Vales	Abertos Fechados		Convencional
Planícies aluvionares interiores	Desenvolvidas Restritas		Convencional
Existência de drenagem fechada	Presente Ausente		
Existência de ravinamento das vertentes	Presente Ausente		Convencional

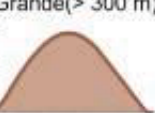
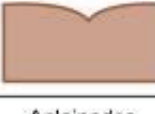
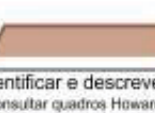
*Definidos a partir de mapas topográficos em escalas de semi-detalle.

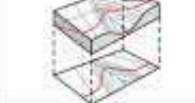
Fonte: Ponçano et al. (1981)

Zaine (2011) apresentou proposta de sequência de procedimentos para a fotointerpretação aplicada à definição das unidades de análise integrada do meio físico, com base nos trabalhos de Soares e Fiori (1976) e de Ponçano et al. (1981), conforme consta do Quadro 8.

Quadro 8 - Sequência de procedimentos para a análise fotogeológica, segundo Zaine (2011)

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km²) 	Média (5 a 30/10 km²) 	Alta (> 30/ km²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)

2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande(> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Topia	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espçados 	Retilíneos paralelos adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Baixo	Médio	Alto	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Homogênea	Mistos	Heterogênea	
APLICAÇÕES	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d' água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)
APLICAÇÕES	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.
** Corpos d' água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011), adaptado de Soares e Fiori (1976); Ponçano et al. (1981)

3.2.4 Trabalhos de Campo

De acordo com o referencial teórico-metodológico (RODRIGUES & LOPES, 1998; ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004; RIDENTE JÚNIOR, 2008), as observações em campo foram realizadas a fim de estabelecer uma relação com as informações obtidas na etapa de fotointerpretação, com objetivo de conferir e definir os traçados das unidades e descrever o perfil geológico-geotécnico típico de cada uma delas. O levantamento de campo incluiu a descrição das propriedades e características geológicas (embasamento rochoso e estruturas geológicas), geomorfológicas e dos perfis de alteração e de materiais inconsolidados associados às unidades.

Para as observações *in situ*, realizou-se uma análise tacto-visual dos materiais geológicos expostos em cortes em estradas, em encostas íngremes, no interior das grandes boçorocas e em margens de canais fluviais formadas por bancos de assoreamento ou barrancos resultantes da erosão fluvial. Para os trabalhos de campo foi elaborada uma ficha, adaptada de Zaine (2011), contendo os seguintes quesitos a serem observados na forma de check list:

I. Substrato Rochoso – identificação da rocha, textura e granulação, estrutura e fraturas; tipo de ocorrência (aflorante, sub-aflorante, *in situ*, em blocos, etc.) e dimensões;

II. Relevo – forma e declividade do terreno, perfil esquemático e documentação fotográfica;

III. Materiais Inconsolidados de Cobertura e Solo – composição, cor, granulometria, espessura e distribuição espacial, coesão/consistência;

IV. Perfil de Alteração – material alterado, espessura e composição de seus horizontes, além da esquematização do perfil e documentação fotográfica;

V. Processos Geológicos Exógenos e Feições de Instabilidade – classificação e magnitude;

VI. Uso e Cobertura do Solo – tipo e estado da cobertura existente (vegetação nativa ou recuperada, presença de mata ciliar, área com solo exposto, etc.), formas de utilização da terra e apropriação dos recursos naturais (agricultura, pastagem, urbanização, manejo florestal, etc.) e os impactos associados aos processos erosivos lineares.

A Figura 10 apresenta a classificação de solos e rochas em regiões tropicais, de acordo com Vaz (1996, p.122), que define um perfil de intemperismo padrão, com horizontes principais estabelecidos “em função dos processos de escavação e perfuração, associando-se critérios baseados na evolução pedogênica, para os solos e no grau de alteração mineralógica para a rocha”.

Figura 10 - Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais

CLASSIFI- CAÇÃO	CLASSES	PERFIL DE INTEMPERISMO	PROCESSOS	MÉTODOS DE		COMPOR- TAMENTO
				ESCAVAÇÃO	PERFURAÇÃO	
SOLO RESIDUAL	SOLO VEGETAL		PEDOLÓGICOS	LÂMINA DE AÇO ("SCRAPER", ENXADÃO, FACA) 1°	A PERCUSSÃO COM TRADO OU LAVAGEM ↓ INTEMPERISMO AO SPOT	HOMOGÊNEO ISOTRÓPICO
	SOLO DE ALTERAÇÃO (SA) saprólito		INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2°	A PERCUSSÃO COM LAVAGEM ↓ INTEMPERISMO A LAVAGEM POR TEMPO	HETEROGÊNEO ANISOTRÓPICO
ROCHA	ROCHA ALTERADA MOLE (RAM)		INCIPIENTES OU AUSENTES	EXPLOSIVO 3°	ROTATIVA	DEPENDENTE DO TIPO DE ROCHA
	ROCHA ALTERADA DURA (RAD)					
	ROCHA Sã (RS)					

Fonte: Vaz (1996)

Cabe ressaltar a relevante contribuição do sobrevôo na área, no qual foram fotografadas as feições erosivas mais expressivas (concentração de sulcos, ravinamentos intensos e grandes boçorocas) e as formas de relevo características (planícies fluviais, colinas, morros testemunhos e serra tabular). Neste momento, também foram registrados os principais tipos de uso e cobertura do solo presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras.

Os APÊNDICES A e B apresentam, respectivamente, a tabela com uma síntese dos 178 pontos levantados em campo e o mapa com sua distribuição na

área de estudo. No mapa preliminar foram inseridas as informações de campo, sendo que os atributos observados foram lançados no *overlay* para posterior reinterpretação. Destacam-se o registro e o cadastro dos processos erosivos lineares do tipo concentração de sulcos, ravinas e boçorocas, erosão fluvial nas margens dos canais e nas cabeceiras de drenagem e processos correlatos (assoreamento e movimentos gravitacionais de massa).

Com o resultado deste levantamento, foi possível realizar análises qualitativas e semi-quantitativas em relação aos tipos de feições predominantes e sua concentração em cada unidade. Esta etapa contribuiu significativamente na avaliação dos processos erosivos na área de estudo, discutida a seguir.

3.2.5 Avaliação dos processos erosivos

Nesta etapa, realizou-se uma avaliação da possibilidade de ocorrência de erosão linear, considerando as propriedades e características geológico-geotécnicas intrínsecas ao meio físico, assim como os aspectos das atividades socioeconômicas associados aos impactos diretos e indiretos sobre a dinâmica superficial do terreno.

Avaliou-se a suscetibilidade das unidades de análise integrada do meio físico à ocorrência de processos erosivos lineares, indicando situações de instabilidade e áreas críticas. Para tanto, foram analisadas as condições naturais imanentes ao meio físico, caracterizando o evento perigoso e sua distribuição espacial e temporal, a fim de indicar diferentes níveis de suscetibilidade aos processos erosivos lineares (BITAR, 1995; RIDENTE JÚNIOR, 2008).

A partir da análise do uso e cobertura do solo, foi avaliado potencial dos fatores antrópicos à deflagração dos processos geológicos registrados previamente. Foram identificados e descritos os impactos relacionados às atividades socioeconômicas sobre morfodinâmica da área estudada, e em alguns casos sendo determinantes para o desenvolvimento dos processos erosivos.

Observações e descrições dos pontos (registros de processos e condições de instabilidade geotécnica) foram realizadas de acordo com os tópicos listados a seguir:

- Definição da dinâmica natural de cada unidade de análise integrada do meio físico, pela análise morfogenética e fotointerpretação, resultando no mapeamento das formas naturais e da paisagem original.

– Cadastro das feições resultantes dos processos geológicos naturais e acelerados por ação antrópica, a partir da análise de produtos obtidos por sensoriamento remoto (fotos aéreas e imagens de satélite) e levantamentos de campo;

– Avaliação da possibilidade de erosão com base na frequência e magnitude das feições erosivas mapeadas associadas às unidades de análise integrada do meio físico e as formas de uso e cobertura do solo.

Os atributos utilizados para avaliação dos processos erosivos naturais e induzidos foram extraídos de Cerri *et al.* (2006) e Amorim *et al.* (2012). A seguir, é apresentado o Quadro 9, que lista os atributos e estabelece parâmetros qualitativos para a avaliação e classificação dos terrenos, de acordo com a susceptibilidade à erosão linear natural.

Quadro 9 – Avaliação da susceptibilidade à ocorrência de erosão linear natural

Fatores		Susceptibilidade à Ocorrência de Processos de Erosão Linear		
		BAIXA	MODERADA	ALTA
Características Geológico-Geotécnicas	Tipo e espessura do solo	Solo argiloso e pouco espesso (< 2 m) ou área de afloramento de rocha	Solo arenoso e areno-argiloso, com espessuras médias (2 a 5 m)	Solo arenoso e areno-siltoso espesso (> 5 m)
	Declividade predominante do terreno	Suave (< 3 %) em altos topográficos e baixadas	Moderada (3 a 10%) em meia encosta	Alta (> 10%) em meia encosta ou cabeceiras de drenagens
	Escoamento superficial (densidade X organização)	- Pequena área de contribuição a montante - Domínio de escoamento laminar em áreas dispersoras de água - Alta densidade textural	- Área de contribuição a montante de médio porte - Linhas de concentração de fluxo de água reduzido	- Grande área de contribuição (deflúvio) a montante - Domínio de escoamento concentrado com formação de canais preferenciais e incisão do talvegue - Baixa densidade textural
Processos Geológicos	Indícios de erosão e evidências de concentração de águas	Poucos sulcos erosivos, rasos e esparsos	- Sulcos erosivos generalizados - Acúmulo de materiais erodidos com formação de depósitos de assoreamento	- Marcante presença de sulcos erosivos generalizados, profundos, podendo ocorrer também ravinas e boçorocas - Surgência d'água nas erosões profundas

Fonte: adaptado de Cerri *et al.* (2006) e Amorim *et al.* (2012)

Os fatores apresentados no Quadro 9 foram analisados individualmente, de modo a permitir uma avaliação diagnóstica da suscetibilidade à erosão das diferentes unidades mapeadas, a partir da utilização dos seguintes critérios:

Características Geológico-Geotécnicas:

As informações sobre as características geológico-geotécnicas depreendidas da análise integrada do meio físico consistem no tipo e espessura do solo, declividade do terreno e escoamento superficial. Esses atributos representam os fatores naturais predisponentes da erosão, intrínsecos às propriedades dos materiais inconsolidados e perfis de alteração, e características do relevo (declividade e escoamento superficial).

Foram considerados pouco suscetíveis à erosão os terrenos que apresentam solos argilosos caracterizados pela alta coesão, pouco espessos e áreas com afloramentos rochosos. Os solos espessos de textura arenosa e areno-siltosa representam áreas com alta suscetibilidade à erosão, devido à alta erodibilidade dos materiais constituintes.

Em áreas de encostas com elevada declividade, observa-se o aumento da velocidade do escoamento superficial, indicando maior suscetibilidade à erosão. Por outro lado, regiões planas em baixadas e altos topográficos são classificadas como pouco suscetíveis.

A forma de ocorrência do escoamento superficial está também associada aos diferentes perfis e comprimento da encosta, bem como à área de contribuição a montante (deflúvio). Áreas dispersoras de água, com baixa densidade de drenagem e sob o domínio de escoamento laminar, possuem baixa suscetibilidade à erosão, principalmente quando se encontram a jusante de pequenas áreas de deflúvio.

Verifica-se maior suscetibilidade em locais de domínio de escoamento concentrado, com formação de canais preferenciais e incisão do talvegue, em áreas de baixa densidade de drenagem. Nesses locais, as chuvas de grande intensidade provocam a saturação do solo, determinando eventos erosivos de grande intensidade, ou desagregação e carreamento das partículas do solo.

Processos Geológicos (erosão):

A compreensão da magnitude, forma de ocorrência e frequência das feições associadas a estes processos colaborou na definição dos diferentes níveis de suscetibilidade à erosão (RIDENTE JÚNIOR, 2008). Foram levantados os processos de erosão e correlatos, como concentração de fluxo das águas pluviais,

solapamento dos taludes marginais dos cursos d'água, assoreamento e movimentos de massa (rastejo, escorregamentos e quedas de blocos).

As áreas com baixa concentração de feições de processos erosivos, caracterizadas por sulcos esparsos, foram associadas à baixa suscetibilidade à erosão. As unidades com média suscetibilidade foram relacionadas às áreas com registro de sulcos generalizados, e presença de depósitos de materiais erodidos e bancos de assoreamento. As situações mais críticas de suscetibilidade foram definidas a partir do registro de feições de ravinas e voçorocas, indicando grande instabilidade dos terrenos com surgência d'água.

Visando avaliar o potencial dos fatores antrópicos quanto ao desenvolvimento da erosão linear, foram identificadas as condições de instabilidade geotécnica associadas às atividades humanas, tendo em vista a modificação e a desestruturação dos terrenos geológicos e degradação ambiental, provocados por alteração no escoamento superficial, impermeabilização do solo, remoção ou destruição da cobertura vegetal, entre outros. Foi realizada uma análise comparativa das fotografias aéreas do ano de 1965 e imagens recentes de satélites, além dos mapas de Utilização da Terra e de Vegetação do município de Quirinópolis (SANTOS, 2002).

Como resultado, definiram-se os seguintes fatores antrópicos dos processos erosivos: Cobertura Vegetal, Atividade Agropecuária e Ocupação Urbana. A seguir é apresentado o Quadro 10, com a classificação destes fatores quanto seu potencial indutor/potencializador da erosão linear.

Quadro 10 – Avaliação do potencial de ocorrência de erosão linear induzida/acelerada

Fatores	Potencial de Ocorrência de Processos de Erosão Linear		
	BAIXA	MODERADA	ALTA
Cobertura vegetal	Sem áreas significativas de solo exposto	Cobertura vegetal deficiente com áreas significativas de solo exposto	Predomínio de áreas de solo exposto
Atividade Agropecuária	Pastagens e culturas com manejo adequado	Pastagens e culturas com deficiência no manejo	Pastagens e culturas sem manejo ou apresentando medidas de controle insuficientes
Ocupação urbana (vetores de expansão)	Crescimento urbano ordenado em áreas com preparo do terreno (terraplanagem) e preservação de APP	Formação de pequenos núcleos de ocupação urbana em áreas impróprias	Núcleos de ocupação irregular consolidados em parcelas do meio urbano, caracterizados pela ausência de infraestrutura e serviços de saneamento básico

Fonte: adaptado de Cerri *et al.* (2006) e Amorim *et al.* (2012)

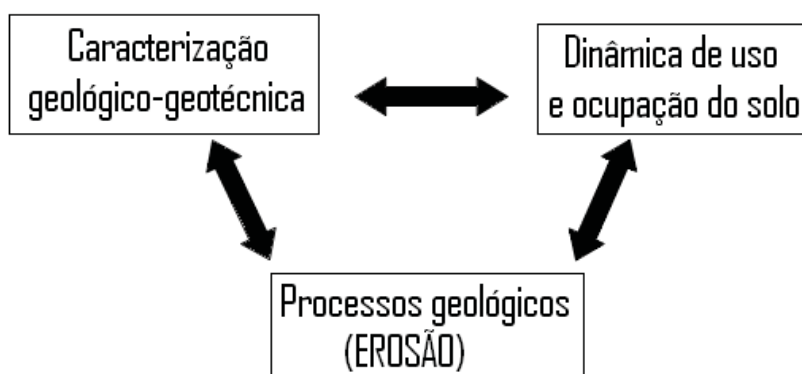
As condições de uso com alto potencial de erosão foram relacionadas às práticas inadequadas de apropriação do território, onde não são observados os requisitos legais e técnicos de manejo da cobertura vegetal, áreas agrícolas e pastagens. Foram também consideradas situações de ocupação urbana irregular já consolidada, onde os processos erosivos se agravam, em consequência da falta de infraestrutura e serviços de saneamento básico.

Os terrenos com baixo potencial de erosão induzida pelas atividades antrópicas são aqueles onde os fragmentos vegetais e as áreas de preservação permanente estão mantidos, as técnicas de manejo e conservação do solo são seguidas, e onde a ocupação urbana ocorre de maneira ordenada.

Nesta etapa da pesquisa, os trabalhos concentraram-se em estabelecer a inter-relação entre os fatores listados, e como influenciam na deflagração e agravamento dos processos erosivos. Para o preenchimento das matrizes de avaliação, definiram-se três classes: baixa, moderada e alta, representadas, respectivamente, pelas cores semafóricas verde, amarela e vermelha.

A avaliação final das unidades quanto à possibilidade de ocorrência aos processos erosivos, foi realizada de forma qualitativa e descritiva, usando-se para tal uma associação dos critérios, conforme mostrado na Figura 11:

Figura 11 - Diagrama de associação dos atributos adotados na avaliação de possibilidade de ocorrência dos processos erosivos na Bacia do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO)



4 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

A caracterização regional da área de pesquisa consistiu em levantamento de informações de trabalhos já existentes do meio físico referentes aos aspectos: caracterização geológica, geomorfológica, pedológica, aspectos climáticos e hidrografia.

4.1 Geologia

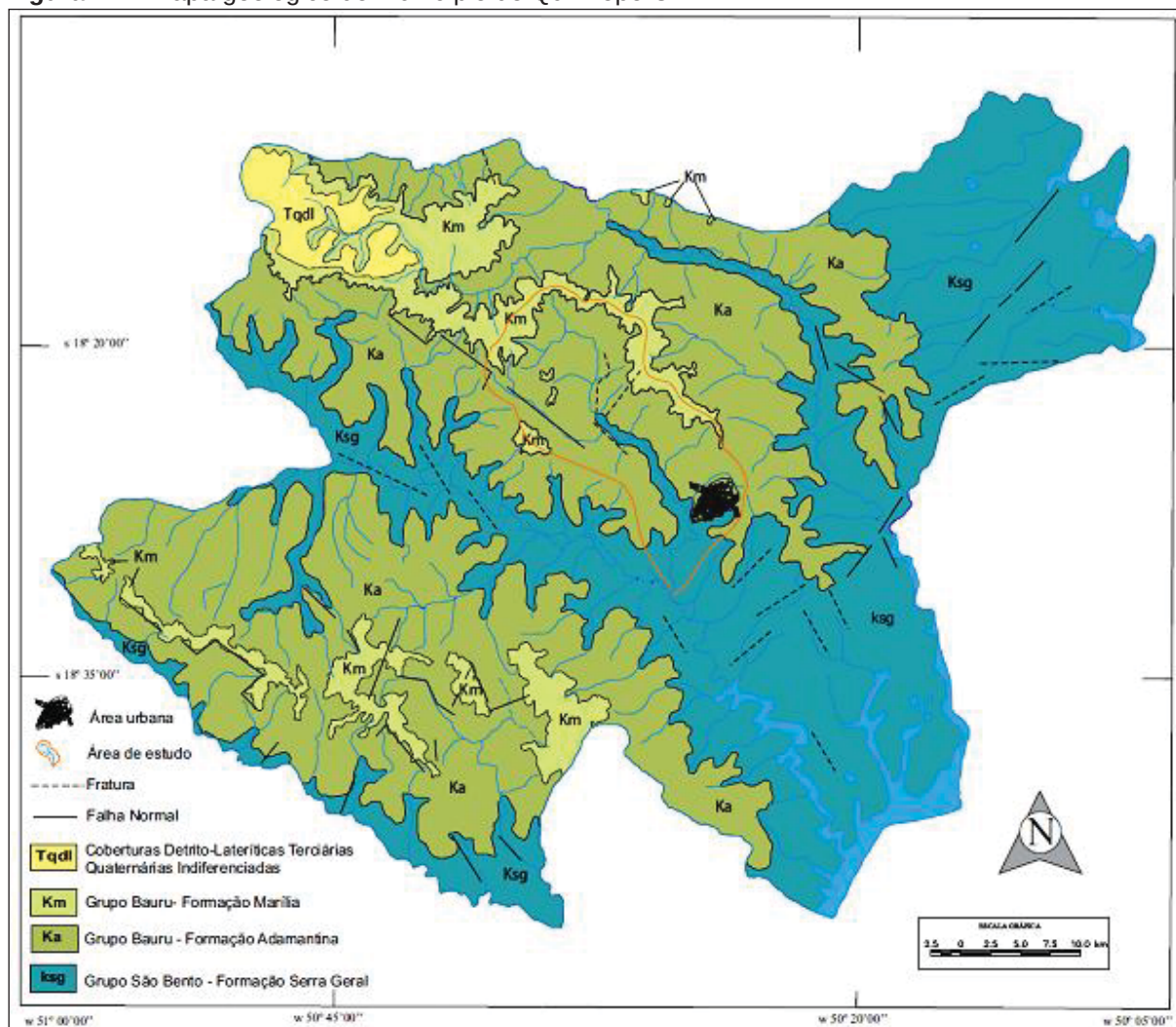
Em termos de unidades litoestratigráficas, a área engloba litologias magmáticas e sedimentares do Cretáceo da Bacia Sedimentar do Paraná e coberturas cenozóicas. São elas: Grupo São Bento - Formação Serra Geral (Ksg); Grupo Bauru – Formação Adamantina e Marília (Kba, Kbm); Coberturas Detrito Lateríticas (Tdl e TQdl), Formação Cachoeirinha (Tc) e Aluvião (QHa, Qpa). Essas Unidades são apresentadas no mapa da Figura 9, sintetizadas no Quadro 9 e descritas a seguir.

4.1.1. Grupo São Bento – Formação Serra Geral

O Grupo São Bento na área de estudo, segundo Almeida (1989), é representado pelos basaltos e lentes de arenitos eólicos, intertrapianos da Formação Serra Geral (Ksg). Os basaltos são do tipo compacto, cor negra quando não alterados, microcristalinos, com plagioclásio e piroxênio. As lentes de arenito são pouco espessas e se acham intercaladas nos *trapps* basálticos. São constituídos por um arenito de granulação fina à média de cor rosada, mostrando alto grau de compactação devido aos efeitos térmicos a que foram submetidas.

Souza Junior et al. (1983) descrevem no Mapa Geológico - FOLHA SE-22 GOIÂNIA, a Formação Serra Geral como sendo formada por derrames de basaltos toleíticos, creme-amarronzados, cinza-escuros e esverdeados, textura predominantemente afanítica, amigdalóide no topo, e raramente vitrofírica. Disjunções colunares estão também presentes indicando derrames mais espessos. Presença de intertrapes areníticos, finos a muito finos, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Podem ocorrer também diques e soleiras de diabásio granular, cinza-escuro e esverdeado. A Figura 12 apresenta o mapa geológico do município de Quirinópolis.

Figura 12 – Mapa geológico do município de Quirinópolis



Fonte: organizado por SANTOS (2002)

O quadro a seguir (Quadro 11) apresenta a sequência cronológica e a descrição das unidades geológicas encontradas no município de Quirinópolis.

Quadro 11 – Sequência cronológica e descrição das unidades geológicas do município de Quirinópolis

Era	Período	Unidade			Litologia	Ambiente Depositional	
		Estrutura	Grupo	Formação			
Cenozóica	Terciário/ Quaternário	Bacia Sedimentar do Paraná		Aluviões Recentes(QPa, QHa)	Colúvios Aluviões Holocênicos Aluviões Pleistocênicos Depósitos aluvionares, caracterizados por sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, representados por areias, com níveis de cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa.	Planícies de inundação e ao longo das drenagens de maior porte, com baixo gradiente e feições anastomosadas	
				Cachoeirinha (Tc, TQDI)	Sedimentos inconsolidados argilo-arenosos sem estratificação, com "conglomerado basal" lenticular.	coberturas dos planaltos da Bacia do Paraná	
	Mesozóica		Cretáceo	Bauru	Marília (kb)	Arenito conglomerático e calcário impuro, arenitos finos a grosseiros, predominantemente mal selecionados, vermelhos, róseos e esbranquiçados; arenitos argilosos, argilitos, siltitos, lamitos, conglomerados polimíticos comumente desagregados e brechas conglomeráticas. Subordinadamente aparecem níveis lenticulares e concreções de calcário e <i>chert</i> .	continental, fluvial e lacustre
					Adamantina (Ka)	Arenitos finos a muito finos, cremes, cinza-pardo e cinza-esverdeado, siltitos e argilitos creme-arroxeados.	continental, fluvial e lacustre
				São Bento	Serra Geral(Ksg)	Espessos e extensos derrames de basaltos toleíticos, creme-amarronzados, cinza- escuro e esverdeados, textura predominantemente afanítica, amigdalóide no topo, e raramente vitrofírica, com presença de intertrapesareníticos, finos a muito finos, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Diques e soleiras de diabásio granular. cinza-escuro e esverdeado..	Vulcanismo de Fissura

4.1.2 Grupo Bauru – Formações Adamantina e Marília

Conforme Almeida (1985) o Grupo Bauru desenvolve feições tabuliformes oriundas da dissecação de suas camadas, formando escarpas erosivas de até 100 m de desnível. Em direção leste estas escarpas se degradam até desaparecerem, sobre os basaltos e arenitos da Formação Serra Geral que constituem um capeamento bastante expressivo. A idade cretácica atribuída à unidade, baseia-se, principalmente, na presença de vertebrados fósseis em suas camadas.

O Grupo Bauru pode ser descrito da seguinte forma:

a sedimentação do Grupo Bauru é marcada pela deposição expressiva de arenitos que ocorre de forma particularizada na Bacia do Paraná. Seu arcabouço tectônico, na porção setentrional, foi condicionado por falhamentos, com o soerguimento da porção norte da bacia e reativação

das estruturas marginais, acompanhadas por magmatismo. Esta situação de subsidência relativa permitiu a sedimentação a partir da contribuição das unidades mais antigas. Este Grupo é subdividido nas Formações Adamantina e Marília (FREITAS, 1964 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000, p. 29).

Formação Adamantina – Kba

Para Souza Junior et al. (1983), a Formação Adamantina é constituída por arenitos finos a muito finos, cremes, cinza-pardo e cinza-esverdeado e por siltitos e argilitos creme-arroxeados. Apresentam estratificações plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte, com níveis conglomeráticos e carbonáticos. Tendência a concrecionamento e presença de bolas de argila são comuns nesta unidade que pode também mostrar-se localmente silicificada. A desagregação dessas rochas forma extensos e espessos areiões.

Litologicamente, é representada por estratos tabulares de arenitos finos a muito finos, subordinadamente médios, de coloração cinza-claro, bege a rósea, com níveis lenticulares conglomeráticos e de lamitos (siltitos areno-argilosos) creme arroxeados e rosados. Uma das feições mais marcantes desta unidade é a ocorrência de bolas de argila em toda a sequência, notadamente na porção superior. Os arenitos apresentam-se, de forma geral, mal selecionados, compostos de grãos de quartzo subangulares e subarredondados, podendo estar cimentados por sílica e carbonatos. As camadas arenosas encontram-se, normalmente, maciças e homogêneas, às vezes com estratificações plano-paralelas e subordinadamente cruzadas. Ao longo de todo o pacote, são observados orifícios tubuliformes, nódulos e esfoliações esferoidais (SOARES et al., 1980 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000).

Decorrente das suas características litológicas e sedimentares, interpreta-se para essa formação um ambiente deposicional de natureza continental fluvio-lacustre. A correlação com unidades estratigráficas inter-relacionadas e o seu conteúdo fossilífero atribuem à Formação Adamantina idade do Cretáceo Superior.

Formação Marília – Kbm

A Formação Marília compreende arenitos finos a muito finos, predominantemente mal selecionados, vermelhos, róseos e esbranquiçados; arenitos argilosos, argilitos, siltitos, lamitos, conglomerados polimíticos comumente desagregados e brechas conglomeráticas. Subordinadamente, aparecem níveis

lenticulares e concreções de sílex. As rochas desta unidade aparecem comumente limonitizadas e em pacotes geralmente maciços, com estratificações cruzadas de pequeno a médio porte (SOUSA JUNIOR et al., 1983).

Constitui-se, basicamente, de arenitos vermelhos, finos a grossos, mal selecionados, cimentados por sílica amorfa, arenitos argilosos, siltitos e lamitos, em estratos com acamamento incipiente e poucas estratificações cruzadas. “Apresenta níveis conglomeráticos com cimentação e concreções carbonáticas, além de níveis lenticulares de sílex e brechas conglomeráticas e calcários subordinados” (ALMEIDA; BARBOSA, 1953 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000, p. 81).

4.1.3 Coberturas Detrito-Lateríticas (Tdl e TQdl)

Para Souza Junior et al. (1983), compreendem sedimentos arenosos e argilosos, com níveis conglomeráticos, parcial e/ou totalmente ferruginizados, lateritos ferruginosos e/ou manganésíferos e solos ferruginosos preservados em superfície de cimeira.

A Cobertura Terciária detrito-laterítica (Tdl) – compreende sedimentos aluviais ou coluviais caracterizados por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e lateritos autóctones com carapaças ferruginosas. As concreções ferruginosas ocorrem como blocos e lajedos, com espessura de 2 a 4 metros em média, e representam um “paleo-horizonte B concrecional” desenvolvido em condições tropicais. A heterogeneidade no tamanho, forma e composição desses depósitos é indicativa de origem colúvio-aluvial em meio de alta energia, por processos de pedimentação (IANHEZ, 1983 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000, p. 82).

A Cobertura detrito-laterítica Terciária/Quaternária (TQdl) corresponde a uma superfície desenvolvida a partir de um processo de aplainamento e laterização de toda a região que engloba o Centro-Oeste brasileiro, sendo mais expressiva sobre as rochas dos complexos granulíticos. É caracterizada por Latossolos Vermelhos amarronzados, estrutura indiferenciada e textura areno-argilosa, com predominância de hidróxido de ferro (goetita) e subordinadamente caolinita e gibsitita e mostra o desenvolvimento de perfis lateríticos maduros e imaturos, onde ocorrem níveis de linhas de pedras (*stonelines*), com predominância de fragmentos angulosos de quartzo, geralmente dispostos na porção superior dos mesmos (LACERDA FILHO; REZENDE, 2000, p. 83).

Bittar e Oliveira (1971 apud PENA, 1975) consideram essa cobertura formada por depósitos detríticos, de natureza areno-argilosa, parcialmente laterizados. Em certos locais, verificaram uma completa laterização, propiciando a formação de verdadeira “carapaça ferruginosa”, de cor marrom-avermelhada, oriunda da cimentação do material areno-argiloso por óxido de ferro (limonita).

4.1.4 Formação Cachoeirinha (Tc)

A Formação Cachoeirinha (Tc) foi assim denominada por Gonçalves e Schneider (1970 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000) para definir os sedimentos inconsolidados que se estendem como coberturas dos planaltos da Bacia do Paraná. Constitui-se, basicamente, de sedimentos areno-argilosos inconsolidados, vermelhos, argilitos cinza com estratificação incipiente e arenitos mal classificados com níveis decimétricos e lenticulares de conglomerados. Estratigraficamente está assentada sobre uma superfície aplainada que corta sedimentos cretácicos, sua espessura é da ordem de 20 a 30 m, podendo chegar até 70 m.

Pena (1975) descreve essa Formação como constituída por argilas, areias brancas, cinzas, amarelas, avermelhadas, intercaladas com níveis conglomeráticos e outros laterizados, todos de caráter lenticular.

4.1.5 Aluvião (QPa, QHa)

Para Souza Junior et al. (1983), corresponde a cascalhos, areias, siltes e argilas. São depósitos aluvionares, caracterizados por sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, representados por areias, com níveis de cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa. Distribuem-se, principalmente, nas planícies de inundação e ao longo das drenagens de maior porte, com baixo gradiente e feições anastomosadas.

Associadas às frações mais grosseiras, ocorrem concentrações de minerais pesados como rutilo, ouro, zircão e diamante que podem constituir depósitos de interesse econômico (LACERDA FILHO; REZENDE, 2000).

Para Pena et al. (1975), os depósitos aluviais são pouco extensos, formados, essencialmente, por cascalho grosseiro, mal selecionado, matriz arenosa, com seixos arredondados de quartzo e quartzito.

O principal critério adotado para a separação das aluviões é o da sua posição em relação à calha principal do rio. Assim, as situadas mais próximas são consideradas holocênicas e as mais afastadas pleistocênicas.

4.2 Geomorfologia

A área em estudo localiza-se na região dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná e Região dos Planaltos Areníticos- Basálticos Interiores (Figura 12), serão descritos a seguir conforme Mamed et al. (1993 apud LACERDA FILHO; REZENDE, 2000, p.17):

4.2.1 Região dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná

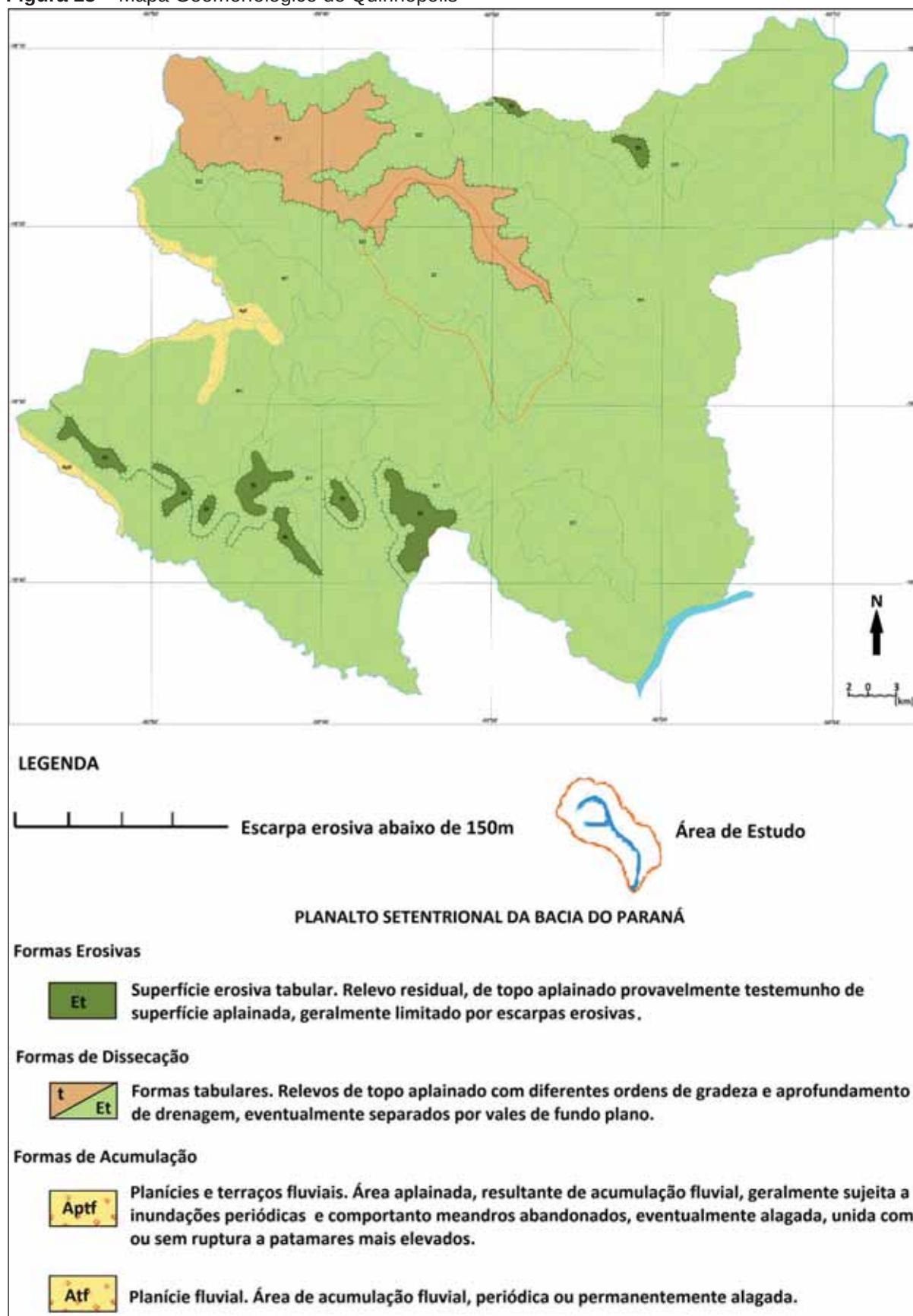
Reproduzem conjuntos de relevos de feições complexas, apresentando sulcos adaptados às estruturas, bordas escarpadas em alcantis, com reversos em rampas pouco declivosas, geralmente interrompidas por relevos residuais de topos tabulares e níveis topográficos embutidos na superfície geral dos planaltos. É comum a presença de pavimentos detríticos ou superficiais recobrimdo as vertentes e, de modo geral, as formações superficiais são de natureza arenosa, produtos de desagregação do arenito.

4.2.2 Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores

Caracterizada por chapadões, planaltos e superfícies rebaixadas, reafeiçoadas por sucessivas reativações e basculamentos cenozóicos que, aliados aos processos exogenéticos, estimularam processos de erosão superficial, onde ocorrem (em vários níveis) formações superficiais de origem autóctone, alóctones ou remanejadas. É constituída por modelados com feições de relevo bastante homogêneas e formas muito amplas. Mesmo nos modelados de dissecação, esta não é muito acentuada. Quando a superfície de aplainamento conservada é muito extensa, apresenta configuração de “chapadas”, constituindo dispersores de

drenagem, como é o caso do “Chapadão” do Rio Verde. Sobre este modelado ocorrem feições geomorfológicas locais, de aspectos distintos. Trata-se de microformas de relevos “murundus”, associadas à presença de térmitas, típicas das paisagens de lateritas. O reverso da superfície do chapadão constitui-se em uma rampa de declives baixos, coalescente com a Superfície do Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná. Esta superfície, por sua vez, tem caráter interdenudacional e reproduz paisagens, muito homogêneas, interrompidas por residuais de topos planos, com bordas escarpadas, que fazem parte da unidade Patamares da Serra do Aporé.

Figura 13 – Mapa Geomorfológico de Quirinópolis

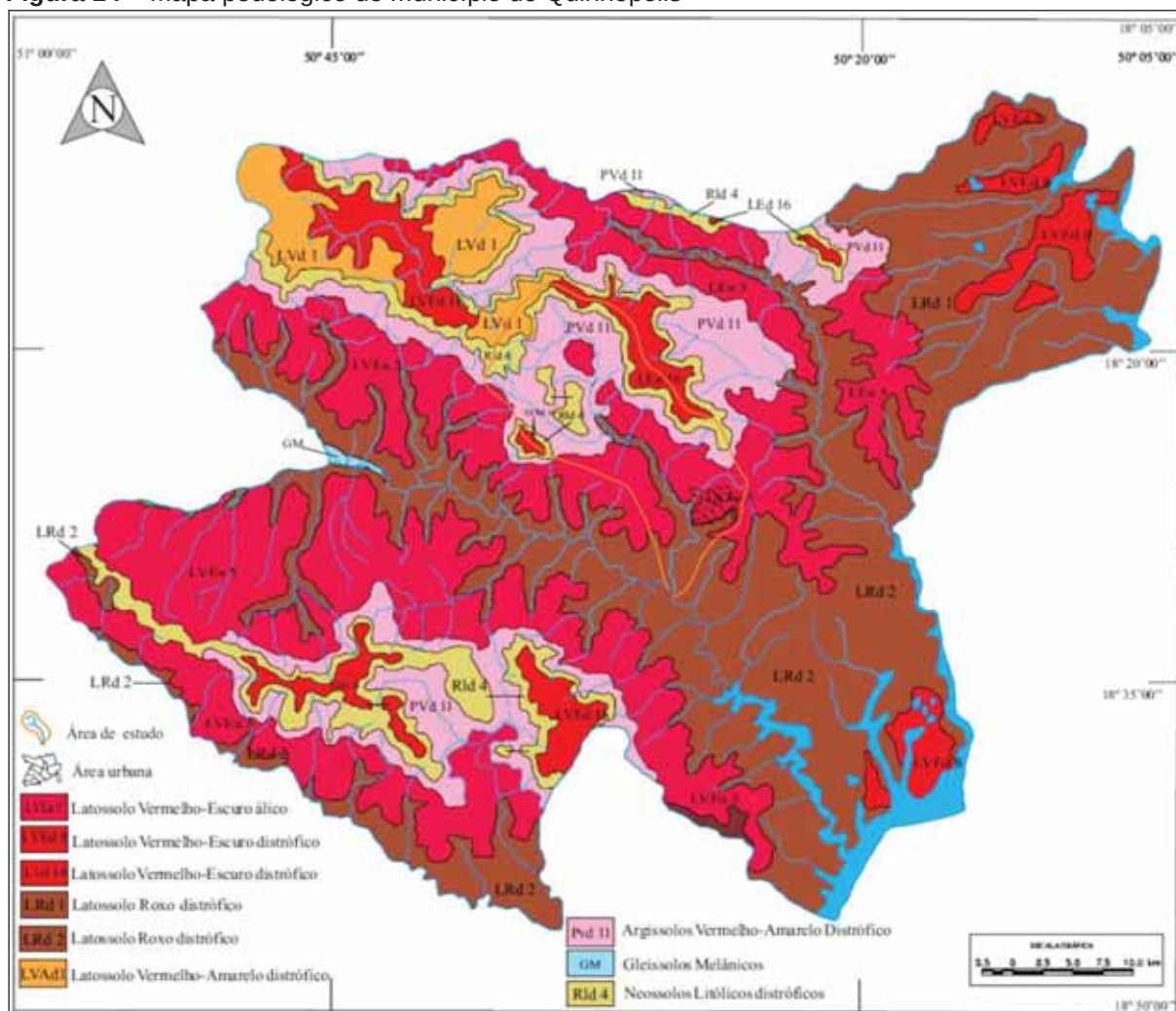


Fonte: Mamede et al. (1983)

4.3. Pedologia

Na área de estudo há grande variedade de solos, em estreita relação com o relevo, a vegetação e a litologia, as quais são apresentadas no mapa da Figura 14, cuja caracterização é baseada em Oliveira (2001).

Figura 14 – Mapa pedológico do município de Quirinópolis



Fonte: Organizado por Santos (2002)

4.3.1 Latossolos Roxos Distróficos

No nível inferior da bacia, predominam os Latossolos Roxos distróficos, que possuem expressividade na área, e predominam ao longo da maior parte dos rios e córregos da região, onde o basalto da Formação Serra Geral está exposto.

Este solos se caracterizam por serem bem drenados, pela ocorrência de horizonte B latossólico, de cores vermelho-escuro com teores de Fe_2O_3 iguais ou

superiores a 18%, derivados, principalmente, do material originário que, na área em questão, são os basaltos da Formação Serra Geral. Possuem horizonte A, do tipo moderado, ou proeminente, e textura argilosa e muito argilosa. Suas cores variam de bruno avermelhado-escuro a vermelho-acinzentado-escuro e vermelho-escuro, nos matizes 10R a 2,5YR. Predominantemente, apresentam caráter distrófico.

No campo, devido à composição ferruginosa, mostra forte atração ao imã, o que é uma característica diferencial importante. São profundos, bastante intemperizados como todos os latossolos, o que se reflete em baixa capacidade de troca de cátions e baixa saturação de bases. As características físicas, em geral, são muito favoráveis ao aproveitamento agrícola, refletidas em boa drenagem interna, boa aeração e ausência de impedimentos físicos à mecanização e à penetração de raízes.

Esses latossolos, assim como os demais, possuem boas condições físicas, que, aliado ao relevo plano, ou suavemente ondulado, favorecem a sua utilização com diversas culturas adaptadas ao clima da região. Requerem um manejo adequado, com correção da acidez, fertilidade e controle de erosão. A deficiência de micronutrientes também se verifica em algumas situações. O seu comportamento com relação à erosão é, assim como os demais latossolos, de boa resistência à erosão laminar, em razão de sua permeabilidade interna. Porém, apresenta uma vulnerabilidade razoável no que diz respeito ao desenvolvimento de ravinas.

4.3.2 Latossolos Vermelho-Escuros

No nível intermediário, das rampas pedimentadas, dominam os Latossolos Vermelho-escuros álicos, que são solos minerais, profundos, bastante intemperizados, caracterizados por apresentar um horizonte B latossólico, de cores vermelho-escuras, geralmente no matiz 2,5 YR e teores de Fe_2O_3 entre 8 e 18%, nos solos argilosos, podendo ser menor que 8% nos de textura média.

Seu elevado grau de intemperismo é refletido em valores de Ki muito baixos (menores que 2) e mineralogia caulinítica/gibbsítica na fração argila. Apresentam boa drenagem interna, condicionada por elevada porosidade e homogeneidade de características ao longo do perfil e, em razão disto, elevada, o que os coloca como solos de razoável resistência à erosão de superfície (laminar e sulcos). São originados de arenitos do Grupo Bauru, têm textura média e ocorrem associados

com Areias Quartzosas, em condição de relevo plano e suave ondulado, sob vegetação de Cerrado Tropical Subcaducifólio. São de muito baixa potencialidade agrícola e o uso agrícola é apenas para pastagens.

Em geral, são usados com pastagens plantadas. Apresentam nos aspectos químicos as principais limitações ao uso agrícola, impondo a necessidade de correções químicas pesadas para uma utilização plena.

Os Latossolos Vermelho-escuros de textura média desta área possuem condições que, aliadas ao relevo plano ou suavemente ondulado, favorecem a mecanização. Entretanto, a textura média característica, tendendo a arenosa, torna-se um fator impeditivo para o seu uso com lavouras e propicia sua utilização com pastagens.

Esses solos, por apresentarem baixa saturação de bases, requerem sempre correção de acidez e fertilização, até mesmo para alguns tipos de forrageiras. A ausência de elementos é constante, tanto para os macro quanto para os micronutrientes.

Com relação à erosão superficial, apresentam relativamente boa resistência em condições naturais ou de bom manejo, o que se deve principalmente às características físicas que condicionam boa permeabilidade e, por conseguinte, pouca formação de enxurradas na superfície do solo. São muito suscetíveis à erosão em profundidade.

4.3.3 Areias Quartzosas

Subordinadamente aos Latossolos Vermelho-escuros álicos, ocorrem também Areias Quartzosas álicas, decorrentes da intemperização dos arenitos das Formações Marília e Adamantina.

De acordo com Oliveira (2001), as Areias Quartzosas compreendem solos minerais arenosos, bem a fortemente drenados, normalmente profundos ou muito profundos, essencialmente quartzosos, virtualmente destituídos de minerais primários, pouco resistentes ao intemperismo.

Possuem textura nas classes areia e areia franca até, pelo menos, dois metros de profundidade. São solos normalmente muito pobres, com baixa capacidade de troca de cátions e de saturação de bases, frequentemente álicos e distróficos. Exibem cores vermelhas, amarelas e vermelho-amareladas, baixa

fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes, excessiva drenagem e grande propensão ao desenvolvimento de erosão profunda (voçorocas e ravinas).

A textura muito arenosa condiciona uma baixa retenção de umidade e de eventuais elementos nutrientes aplicados, caracterizando forte limitação para aproveitamento agrícola.

A preservação da vegetação natural seria a mais razoável recomendação para esses solos. Entretanto, podem ser usados para cultivo de espécies adaptadas, como o cajueiro e o reflorestamento, desde que com espécies pouco exigentes em nutrientes e, ainda, para pastagens nativas.

Ocorrem, geralmente, em relevo plano ao suave ondulado, tendo os arenitos da Formação Adamantina como material de origem, sob vegetação de Cerrado. A constituição arenosa, com grãos soltos, condiciona a fácil desagregabilidade de seu material constituinte, o que promove o seu desbarrancamento, principalmente no caso de barrancos de beira de estradas e de caixas de empréstimo para retirada de material para construção.

A erosão superficial também é verificada, porém, perde sua eficácia em razão da grande permeabilidade dos solos, determinada principalmente pela textura arenosa.

4.3.4 Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVd)

Os solos Podzólicos Vermelho-Amarelos distróficos (PVd) se localizam nas porções baixas dos sopés de tabuleiros, e são caracterizados por intenso processo de eluviação da argila, presença do horizonte B textural, que se caracteriza pelo acúmulo de argila translocada dos horizontes superficiais, estando suas unidades estruturais revestidas por películas de argila, que conferem um aspecto brilhante e ceroso.

De acordo com Novaes et al. (1983), os Podzólicos Vermelho-amarelos distróficos são solos minerais não hidromórficos, normalmente profundos, bem drenados, com saturação de bases inferior a 50%. O horizonte A é moderado, raras vezes proeminente, com textura arenosa ou média e transição gradual ou clara para o horizonte B textural, o qual apresenta estruturas frequentemente fracas a moderadas, pequena a média em blocos subangulares e granular, com cerosidade,

quando presente, comum e moderada; as cores variam nos matizes 2,5YR a 10YR, sendo a textura média ou argilosa. Ocorrem em relevo plano a ondulado e sobre litologias variadas.

Sobre o arenito do Grupo Bauru apresentam textura média, sob vegetação de Savana. Apresentam fraco desenvolvimento estrutural, sendo caracterizados pela diferença textural entre os horizontes A e Bt. Possuem baixa fertilidade natural, muitas vezes com níveis tóxicos de alumínio trocável. Quanto ao uso agrícola, por não apresentarem outras limitações, pode-se conseguir boa produtividade, desde que se façam adubações e as necessárias correções de acidez, assim como a utilização de espécies adequadas. A presença do horizonte B textural, de menor permeabilidade, condiciona uma maior vulnerabilidade à erosão superficial em sulcos e laminar.

A classificação adotada por Novaes et al. (1983) registra na área de estudo, a ocorrência junto com o Podzólico Vermelho-amarelo distrófico, de um solo em subdominância, isto é, não mapeável na escala adotada naquele trabalho, que corresponde ao Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, de textura média, em relevo plano a suavemente ondulado.

4.3.5 Solos Litólicos

Os solos Litólicos distróficos (Rd) estão associados às porções mais elevadas dos sopés de tabuleiros (escarpas das serras) e se caracterizam pelos solos minerais rasos e muito pouco desenvolvidos, que apresentam sequência de horizontes A, R e A,C,R. Possui os seguintes tipos de A: moderado, proeminente e chernozêmico, com espessura predominante em torno de 20 cm, textura variando de arenosa a argilosa com ou sem frações grosseiras (cascalhos, calhaus e matações).

Na área em questão ocorrem em relevo escarpado, com maior frequência em regiões dos tabuleiros e bordas de planaltos. Em virtude da forma de relevo, da pouca profundidade dos solos, do impedimento físico e da suscetibilidade à erosão, torna-se inviável sua exploração agrícola.

Os solos Litólicos que ocorrem na área são os do tipo Rd4, que possuem na subdominância, o Podzólico Vermelho-Amareloeutrófico, com argila de atividade baixa, textura arenosa e textura média.

4.3.6 Glei pouco Húmicos Eutróficos (HGP)

De acordo com Novaes et al. (1983, p.470), os solos Glei Pouco Húmicos eutróficos (HGP) são formados de sedimentos recentes, provenientes de materiais meteorizados das rochas que compõem a Formação Serra Gera e apresentam boa fertilidade natural. São solos hidromórficos, mal drenados, profundos, pouco permeáveis e com forte gleização, devido ao terreno apresentar encharcamento durante alguns períodos do ano, com deficiência de oxigênio (meio anaeróbico). As características morfológicas, físicas e químicas são bastante diversificadas, em decorrência dos solos serem formados de sedimentos areno-argilosos, inconsolidados, geralmente de coloração acinzentada, pertencentes ao Holoceno.

Junto com os solos Glei Pouco Húmicos eutróficos (HGP), há subdominância de dois tipos de solos: Laterita Hidromórfica distrófica, com argila de atividade baixa e textura média/argilosa, e Solos Aluviais eutróficos, também com argila de atividade baixa e textura indiscriminada.

4.4 Hidrografia

Os rios da área de estudo pertencem à bacia hidrográfica do Paraná, correndo entre os residuais areníticos da Formação Marília. O maior em extensão é o Ribeirão da Pedras, com cursos cataclinais, paralelos entre si, rumo à calha coletora de todo escoamento regional, o Rio Paranaíba. O padrão paralelo de drenagem reflete o condicionamento estrutural às rochas sedimentares, que apresentam fraturas e falhamentos de direção NW-SE. Os rios apresentam vales amplos, muitas vezes com corredeiras, decorrentes da presença de diques de diabásio ou basalto (MARCON, 2002).

A reorganização da rede de drenagem sobre as formações cretácicas ao longo do Pleistoceno, quando ocorreram grandes variações climáticas, desnudou as camadas superiores, atingindo os arenitos da Formação Adamantina e os basaltos da Formação Serra Geral.

A retirada dessa cobertura sedimentar se deve à erosão fluvial e ao escoamento superficial, principalmente nas áreas desmatadas e com declividades acentuadas. A retomada da erosão pós-cretáica foi responsável pelo aprofundamento dos talwegues, elaborando vales e modelando o relevo em formas

suavemente convexas, expondo os derrames de rochas básicas, dando origem ao solo de terra roxa, de elevada fertilidade natural e com grande potencialidade agrícola, em função de suas propriedades físicas e, principalmente, pela disponibilidade de elementos nutritivos, fato esse comprovado na região.

Os rios são considerados um dos agentes externos que mais esculpem e modelam o relevo terrestre, pelo seu alto poder destrutivo, transportador e depositário, deixando registros nas paisagens por meio da erosão por suas correntes ou trabalho fluvial. Pela ação dos rios, o relevo é elaborado pelo trabalho da erosão remontante e pelo recuo paralelo da vertente. Ao transportar os sedimentos provenientes das vertentes e do próprio leito, o rio está na busca constante do perfil de equilíbrio, para o transporte da carga, que tende a cavar o seu leito e acumular sedimentos. No processo de deposição nas margens dos leitos, formam-se as várzeas ou planícies de inundação, como as do Ribeirão das Pedras e do Córrego Manoel Gomes.

4.5 Aspectos Climáticos

De acordo com a tipologia climática de Köppen, o clima da área de estudo é Tropical Quente Sub-úmido, com duas estações bem definidas e variações anuais significativas quanto à umidade, temperatura e pluviosidade, sendo classificado como quente e úmido do tipo AW, com chuvas de verão e inverno seco.

A distribuição espacial das temperaturas médias anuais reflete as influências de fatores como: continentalidade, altitude, forma de relevo e circulação atmosférica. A área de estudo corresponde, basicamente, às altitudes entre 400 e 800 metros, e apresenta precipitações médias variando de 1.500 mm a 1.750 mm (MARCON, 2002).

As variações climáticas que provocam mudanças repentinas de tempo nessa região ocorrem, no verão, predominantemente, influenciadas pelo sistema de circulação atmosférica e pela continentalidade. Nessa estação ocorre a entrada de massas equatoriais continentais (mEc), que acompanham a linha de Instabilidade Tropical (IT), com temperaturas mais elevadas nas áreas de maiores altitudes.

No inverno predominam as influências da latitude, com a presença do anticiclone polar, da frente polar (FP) e da massa Tropical Atlântica (mTa), que provocam a ocorrência de temperaturas amenas com baixa umidade. Porém, com a penetração da massa Polar Atlântica (mPa), ocorrem quedas bruscas de temperatura

e chuvas frontais e pós-frontais, durante dois ou três dias, ficando a região novamente sob a ação do anticiclone polar.

As precipitações são caracterizadas pelo regime tropical de chuvas, regido pelos sistemas regionais de circulação atmosférica, concentrando-se, essencialmente, no verão, com ocorrências de chuvas frontais no inverno. A distribuição espacial das precipitações é influenciada pela forma e altitude do relevo, que se distribui em faixas altimétricas distintas.

A estação chuvosa e úmida de verão se estende, geralmente, de outubro a março ou abril, registrando-se nesse período um considerável excedente hídrico e mantendo elevados índices de umidade no período. Enquanto isso, a estação seca de inverno registra as maiores deficiências hídricas entre os meses de junho e setembro, podendo ocorrer pequenas oscilações na duração, tanto da estação úmida que é de 7 a 8 meses, como na estação seca, que pode variar de 4 a 5 meses por ano.

4.6 Aspectos sobre Utilização da Terra e Vegetação

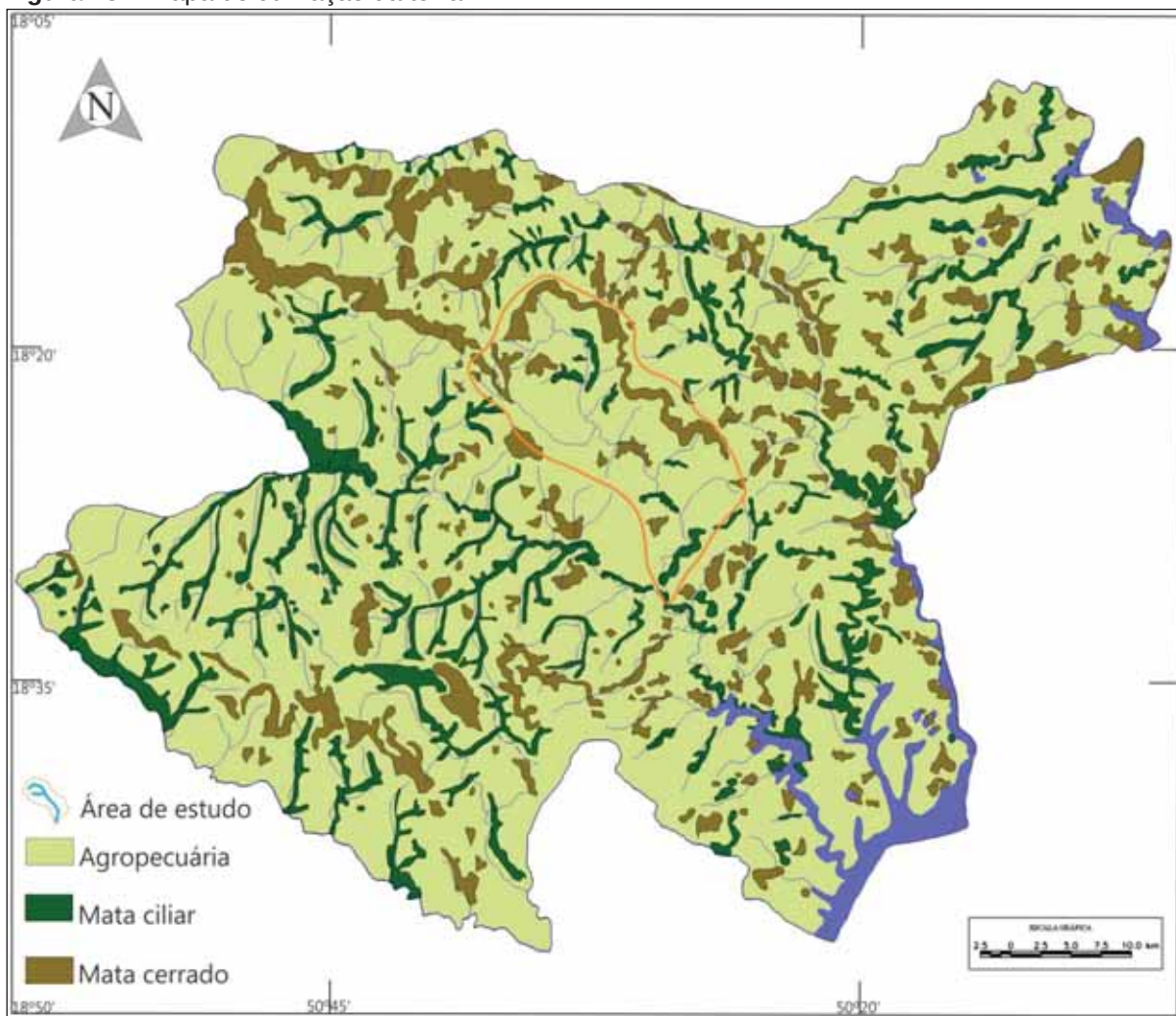
A cobertura vegetal original do município de Quirinópolis tem sido descaracterizada pela ação antrópica, desde a década de 1970, com a implantação de culturas cíclicas.

Inicialmente, o desmatamento era feito para cultivo de arroz, milho, feijão e soja. Em seguida, formaram-se pastagens para a criação de gado bovino.

Hoje, encontram-se apenas remanescentes da vegetação original, às vezes confundida com a vegetação secundária, como pode ser analisado em fotografias aéreas e trabalho de campo.

O mapa de utilização da terra (Figura 15) é apresentado a seguir, e corresponde ao levantamento feito por Santos (2002), por meio da interpretação da imagem Landsat na escala 1:250.000, bandas 3, 4, 5 (BGR), do ano de 1993.

As classes de uso e ocupação do solo consistem naquelas de maior abrangência no município de Quirinópolis, não sendo considerada a ocupação urbana. Tendo em vista a grande influência sobre os processos erosivos na Bacia do Ribeirão das Pedras, a dinâmica de uso ocupação do solo e consequente forma de apropriação dos recursos naturais existentes na área serão retomadas posteriormente, no capítulo referente aos resultados.

Figura 15 – Mapa de utilização da terra

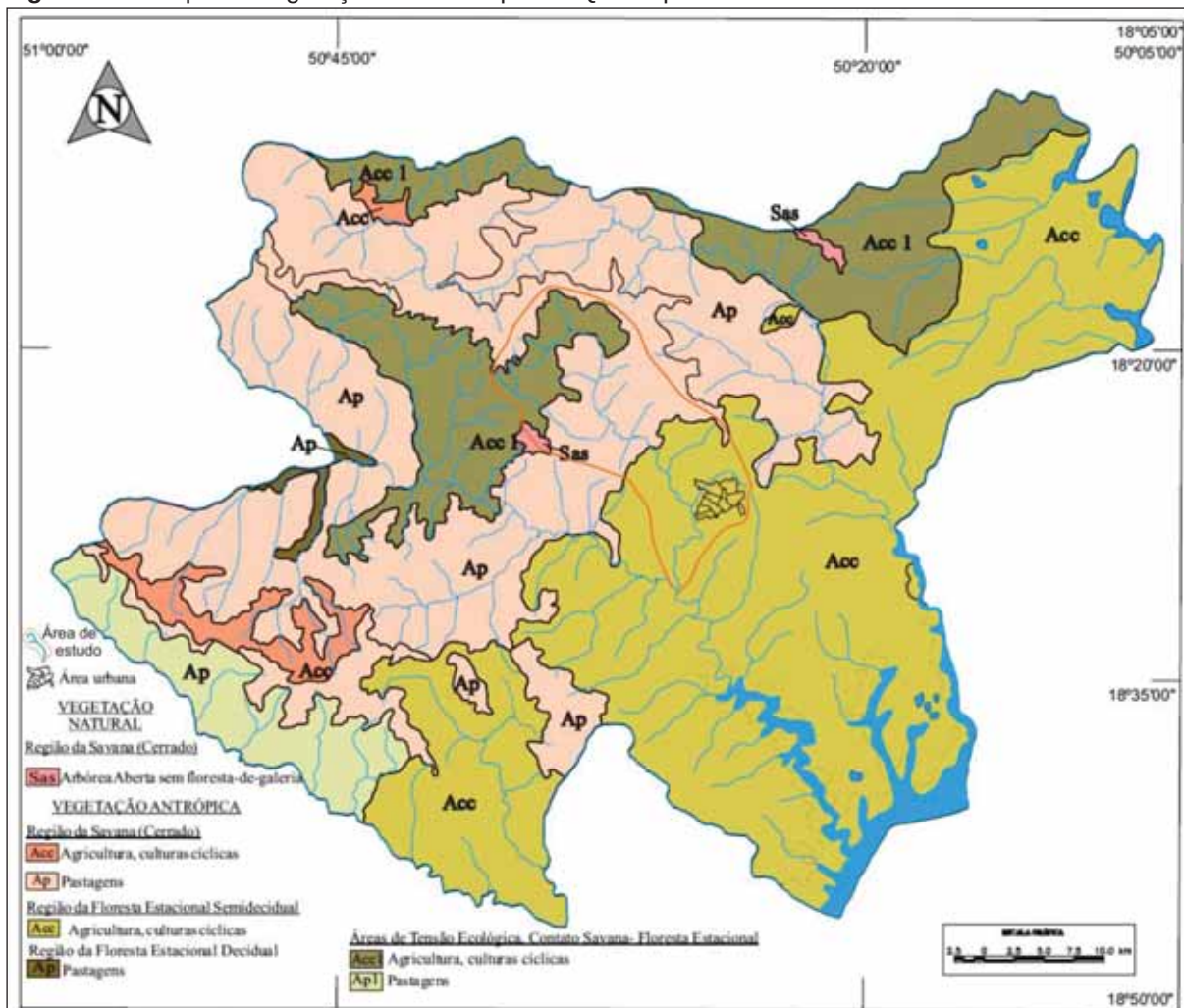
Fonte: Organizado por Santos (2002)

A vegetação original foi considerada “arbórea aberta sem floresta de galeria”, inserida em região de savana (cerrado), de acordo com o mapeamento de Magnago et al. (1983), efetuado em três regiões distintas do município de Quirinópolis (Figura16).

Ainda segundo esses autores, a parte sul, de domínio dos basaltos, apresentava vegetação de Floresta Estacional semidecidual, atualmente ocupada por culturas cíclicas e alguns remanescentes da vegetação primitiva. As partes norte e nordeste inseriam-se em área de Tensão Ecológica, onde se verificava o contato da Savana com a Floresta Estacional, atualmente ocupadas por culturas cíclicas. Nas partes central e também a noroeste do município, eram caracterizadas pela região da Savana, hoje ocupadas por pastagens, a grande vocação do município. Os únicos remanescentes naturais da Savana Arbórea Aberta existentes no município situam-

se em dois locais distintos: no interflúvio do Rio Preto com o Ribeirão das Pedras, e na montante do córrego Grande.

Figura 16 – Mapa de vegetação do município de Quirinópolis



Fonte: Organizado por Santos (2002)

A seguir serão relatadas as principais características e formações das três regiões ecológicas distribuídas na área de estudo:

– **Região da Savana ou Cerrado (Sas, Acc e Ap)** – Foi generalizada pelo Projeto Radambrasil como denominação para as várias formações herbáceas da zona neotropical intercaladas por pequenas plantas lenhosas até arbóreas, em geral serpenteadas por floresta-de-galeria. Esta região fitoecológica caracteriza-se pelas formações arbóreas Densa e Aberta, Savana Parque e Savana Gramíneo Lenhosa. Enquanto no município de Quirinópolis, dentro dessa Região caracterizava-se apenas a formação arbórea Aberta sem floresta-de-galeria ou mesmo Campo Cerrado, a qual

compreende uma formação campestre com arvoretas esparsas entre 2 e 5 m de altura, dispersas sobre um tapete gramíneo-lenhoso, exclusivas das áreas areníticas.

– **Região da Floresta Estacional Semidecidual (Acc)** – importante para essa classificação é o fenômeno da estacionalidade climática. No caso da área de Quirinópolis, com período seco bem marcado, as espécies higrófitas, dentre outros recursos, emitem hormônios enzimáticos, que provocam a queda das folhas, justamente no período seco, reduzindo assim a superfície de transpiração da falta de chuvas. Com isso, apresentam no conjunto muitas plantas parcial ou totalmente desnudas, imprimindo-lhes uma fisionomia de plantas decíduais. A intensidade da adaptação ao parâmetro ecológico de deficiência hídrica, com estacionalidade foliar dos elementos arbóreos, é que resulta a fisionomia semidecidual com cerca de 20% das árvores caducifólias no conjunto florestal

– **Região de Floresta Estacional Decidual (Ap)** – O conceito dessa Região ecológica é semelhante ao da Região anterior, variando apenas a porcentagem da decidualidade foliar dos indivíduos dominantes, que passa a ser de 50% ou mais.

– **Região de Tensão Ecológica (Ap1)** – Contatos onde formações de diferentes Regiões Ecológicas se interpenetram, constituindo encraves. Estas áreas são definidas como sendo uma gradação da vegetação que se desenvolve para outra, partindo do seu ótimo ecológico até o extremo oposto, quando desaparecem.

5 ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO

No presente capítulo são apresentados os resultados da análise integrada do meio físico da Bacia do Ribeirão das Pedras, por meio dos seguintes cartogramas:

- Mapa Hipsométrico
- Mapa de Declividade
- Mapa de Unidades de Análise Integrada do Meio Físico

As informações das unidades são representadas por meio de pranchas descritivas, com registros fotográficos e ilustrações esquemáticas do relevo e perfis de alteração ou de materiais inconsolidados.

5.1 Mapas Complementares

A partir da elaboração do modelo digital de elevação (MDE) e geração dos subprodutos, são apresentados os mapas hipsométrico (APÊNDICE C) e de declividade (APÊNDICE D), visando complementar a caracterização geológico-geotécnica da Bacia do Ribeirão das Pedras.

5.1.1 Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico apresenta a área de estudo subdividida em dez classes, em intervalos de 50 metros, definidas a partir da cota de cada curva em relação ao nível do mar. Foi possível depreender informações sobre a amplitude local do relevo em cada unidade de análise mapeada, auxiliando na definição e análise das propriedades e características geotécnicas do terreno na área.

Foi observada ampla variação topográfica na área, com valores variando de 422 metros a 840 metros, estando as cotas de menor valor localizadas na porção sul da área e aumentando, gradativamente, em relação ao deslocamento para o norte. A topografia é marcada pelo *front* das escarpas, onde a variação altimétrica é cerca de 180 metros, caracterizada pelo relevo de dissecação e muito energético com grande aporte de sedimentos nos cursos d'água.

5.1.2 Mapa de Declividade

Baseado nos trabalhos de Ridente Júnior (2008), Cerri et al. (2006) e Zaine (2011), o mapa de declividade apresenta quatro intervalos, associando a inclinação do terreno e a suscetibilidade de ocorrência de processos geológicos. As classes são descritas a seguir, apresentando os seguintes intervalos de declividade:

- Baixa: de 0 a 3% - associado a processos erosivos incipientes e a processos fluviais, como assoreamento de canais, solapamento de margens e inundação;
- Média: de 3 a 10% - associado aos processos erosivos generalizados e dimensões variadas (sulcos, ravinas e boçorocas), devido principalmente ao fluxo concentrado de escoamento das águas pluviais sobre o terreno;
- Alta: > 10% - associado às regiões de relevo modelado pela Formação Marília e com os processos erosivos mais intensos, com destaque para boçorocas, bem como os movimentos gravitacionais de massa.

5.2 Unidades de Análise Integrada do Meio Físico

Este item apresenta a descrição das unidades de análise integrada do meio físico mapeadas, de modo a estabelecer uma associação dentro dos contextos geológico e geomorfológico regionais (Quadro 13), extraídos da literatura existente sobre o município de Quirinópolis e a Bacia do Ribeirão das Pedras. As unidades foram agrupadas de acordo com os três compartimentos de relevo denominados:

- a) Província: Bacia Sedimentar do Paraná
- b) Zona: Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná
- c) Sub-Zonas: Unidades Mesozóicas e Unidades Cenozóicas

Com base nas observações na etapa de fotointerpretação e nos trabalhos de campo, é apresentada a descrição das unidades mapeadas, das mais antigas para as mais recentes, com a respectiva caracterização geológico-geotécnica.

Na área correspondente à Bacia do Ribeirão das Pedras, foram individualizadas seis unidades de análise integrada do meio físico, sintetizadas nos Quadros 14 e 15 e apresentadas no mapa contido no APÊNDICE E:

Quadro 12 – Contextualização regional das unidades de análise integrada do meio físico e relação com os processos geológicos

CONTEXTO GERAL (REGIONAL)							UNIDA-DES	CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES (ANÁLISE INTEGRADA)	AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS		
GEOLOGICO			RELEVO		SOLO						
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ							VI	Aluviões e Terraços Terraços baixos, planos, junto às margens dos canais fluviais. Meandros abandonados Terraços alçados, não inundáveis	Erosão marginal Depósitos de Assoreamento Enchentes		
UNIDADES MESOZÓICAS			UNIDADES CENOZÓICAS				V	Colúvios e talus da Fm. Marília Encostas de alta a média declividade, côncavas e convexas. Presença de blocos rochosos (talus) e solos coluviais	Erosão, rastejo e prováveis feições de queda de blocos e escorregamento		
Grupo São Bento			Grupo Bauru (Kb)		Depósitos aluviais (Qa)						
Formação Serra Geral			Formação Adamantina		Formação Marília		IV	Coberturas arenosas de topo de planalto Topos de tabuleiros, com baixas declividades, encostas convexas. Ocorrência no planalto e nos morrotes residuais.	Erosão linear acelerada. Presença de voçorocas de grande magnitude		
Basaltos			Arenitos		Arenitos						
Planalto Setentrional da Bacia do Paraná							III	Escarpas da Fm. Marília Encostas escarpadas retilíneas, de alta declividade	Queda de blocos Escorregamentos		
Fundos de vales basálticos											
Relevos residuais sustentados por rochas sedimentares							II	Solos arenosos de média encosta Encostas de média a baixa declividade, convexas, com solo arenoso residual e transportado.	Erosão (sulcos e ravinas)		
Planaltos sustentados por rochas sedimentares											
Colinas Médias		Colinas Amplas		Sopé de cuesta		Escarpas festonadas		Platôs Elevados (topos tabulares)		Meia encosta com anfiteatros de	Neossolos Regolíticos
Nitossolos Argissolos Latossolos		Nitossolos Argissolos Latossolos		Neossolos Quartzarênicos		Neossolos Litólicos		Neossolos Quartzarênicos			
I							I	Basaltos em colinas Áreas com baixa densidade textural, baixas declividades, encosta convexas. Solo coluvionar avermelhado. Drenagens com trechos retilíneos. Alinhamentos de drenagem	Erosão (sulcos)		

Quadro 13 - Análise fotogeológica das unidades de análise integrada do meio físico

QUADRO DE ANÁLISE FOTOGEOLOGICA										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo, Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Forma das encostas	Forma dos vales	Forma dos topos	Tropia	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
I	Basalto em relevo de colinas	Baixa	Pequena (<100m)	Média	Convexas	Abertos	Ondulados a Aplainados	Não orientada	Sulcos e Ravinas	Pastagem Cana-de-açúcar Área urbana
II	Arenitos argilosos avermelhados em relevo colinoso	Média	Pequena (<100m)	Média	Convexas	Abertos	Aplainados	Não orientada	Sulcos e Ravinas	Pastagem Cana-de-açúcar
III	Arenitos em relevo de encostas escarpadas	Alta	Média (100 a 300m)	Alta	Retilíneas	Fechados	—	Não orientada	Escoamento superficial concentrado	Mata de encosta Rocha exposta
IV	Arenitos em relevo de platôs e morrotes residuais	Média	Pequena (<100m)	Média	Convexas	Abertos	Aplainados	Não orientada	Sulcos	Pastagem
V	Arenitos em relevo de rampas de deposição	Média	Média (100 a 300m)	Alta	Côncavas e Convexas	Abertos	Ondulados a Aplainados	Não orientada	Sulcos, ravina, queda de blocos, rastejo e escorregamentos	Predomínio de vegetação nativa
VI	Terraços baixos, depósito de material aluvionar	Baixa	Pequena (<100m)	Baixa	—	Abertos	—	Orientada	Erosão marginal Enchente	Predomínio de vegetação nativa

Quadro 14 – Fotointerpretação e caracterização geológico-geotécnica das unidades de análise integrada do meio físico

Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo, Solo	Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/ infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Susceptibilidade a erosão linear	Potencial a movimentos de massa	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos	Nível de água subterrâneo
I	Basalto em relevo de colinas	Média a Alta	Baixa	Grande	Baixa	Médio a Baixo	Baixo	Homogênea	Presente	Profundo
II	Arenitos argilosos avermelhados em relevo colinoso	Média	Baixa	Grande	Baixa	Baixo	Baixo	Homogênea	Presente	Profundo
III	Arenitos em relevo de encostas escarpadas	Baixa	Alta	Pequena a Média	Média	Médio a Baixo	Alto	Homogênea	Presente	Variável
IV	Arenitos em relevo de platôs e morrotes residuais	Média a Alta	Média a Alta	Grande	Média a Alta	Médio a Alto	Médio	Homogênea	Ausente	Profundo
V	Arenitos em relevo de rampas de deposição	Média	Média	Grande	Baixa	Médio	Médio a Alto	Heterogênea	Ausente	Variável
VI	Terraços baixos, depósito de material aluvionar	Alta	Baixa	Grande	Baixa	Baixo a Alto	Baixo	Heterogênea	Ausente	Raso

5.2.1 Unidade I – Basaltos em Relevo Colinoso

A unidade I (Prancha 1) se distribui desde o extremo sul da Bacia do Ribeirão das Pedras, onde possui maior expressão, até terrenos mais elevados ao longo das drenagens principais (Ribeirão das Pedras, Córrego Manuel Gomes e Córrego Cupela Velha). Localiza-se entre as cotas altimétricas de 420 m a 560 m, inserida no Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná (APÊNDICE E).

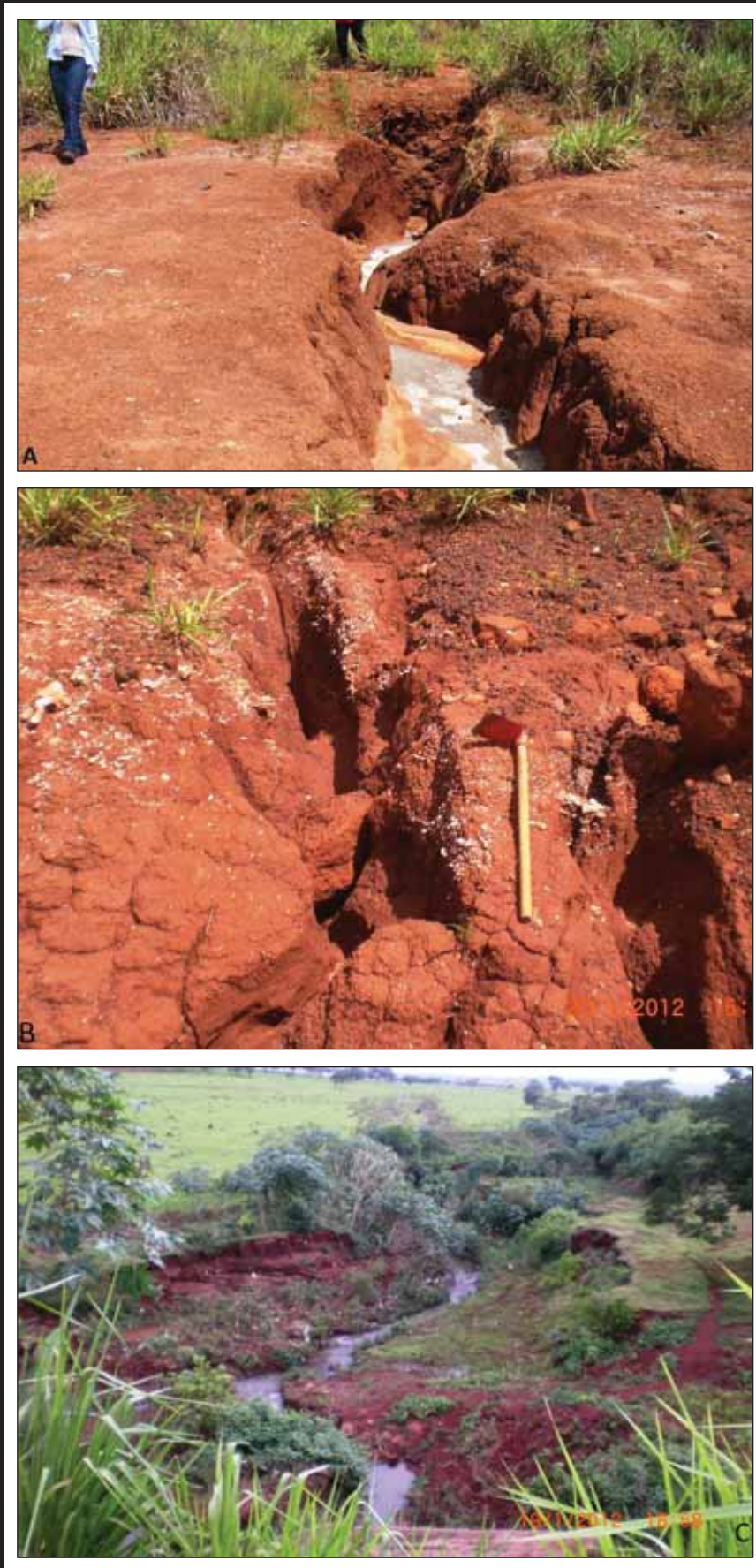
A unidade é caracterizada pelo substrato geológico de rochas basálticas da Formação Serra Geral, de coloração creme-amarronzados, cinza-escuros e esverdeados. Tais rochas possuem textura predominantemente afanítica, amigdalóide no topo e, raramente, vitrofírica, com presença de intertrapesareníticos, finos a muito finos, com estratificações cruzadas de pequeno porte.

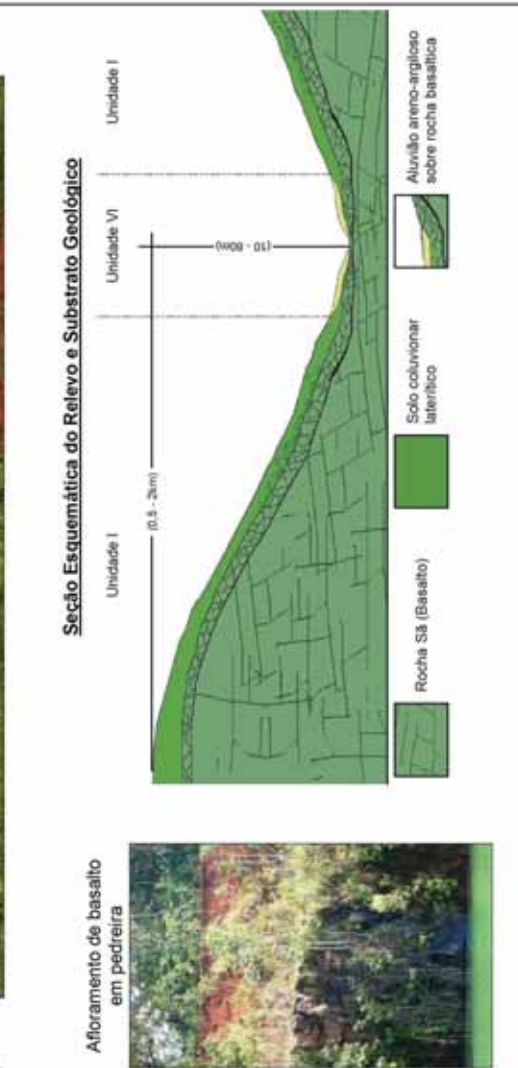
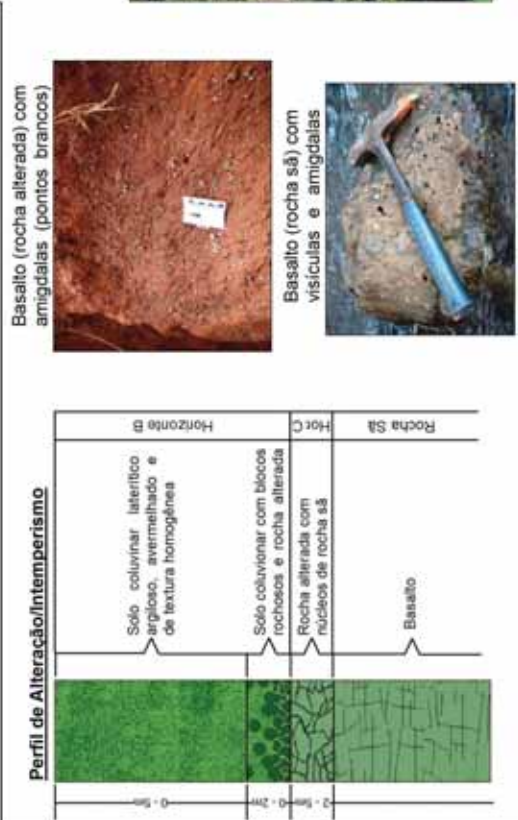
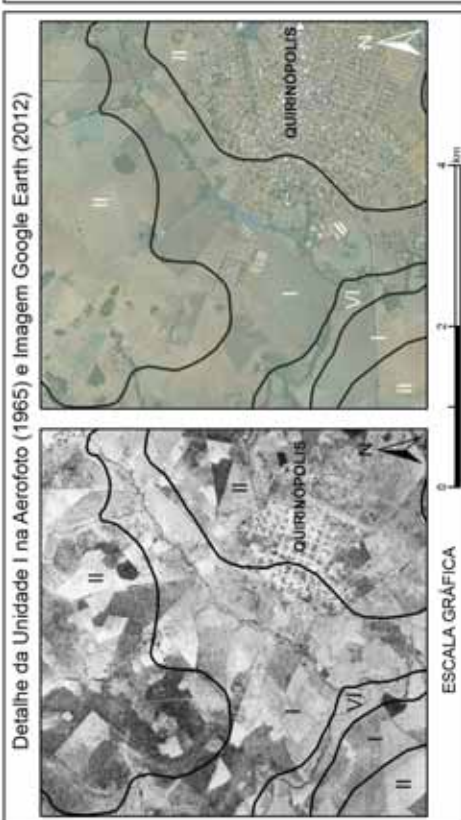
O perfil de alteração das rochas nesta unidade é variado, apresentando desde rocha aflorante a solos coluvionares lateríticos. Os solos residuais associadas a essas rochas apresentam coloração amarelada. Os basaltos apresentam padrão de fraturas característico, refletindo em drenagens com trechos retilíneos e grandes alinhamentos de drenagem. Em algumas áreas, como fundos de vales, essas rochas estão recobertos por depósitos aluviais da unidade VI.

A unidade basal da área estudada é constituída pelo relevo de colinas médias de topo aplainado, predominando declividades médias. São áreas com baixa densidade textural e encostas predominantemente convexas, com registro de processos de escoamento concentrado, formação de ravina e sulcos, e solapamento de margens, que estão relacionados ao uso do solo.

Nas colinas e fundo de vales basálticos destaca-se a agropecuária com fragmentos remanescentes de Cerrado e mata ciliar, ocorrendo de maneira isolada. O processo de urbanização é um fator marcante na dinâmica de uso e ocupação na unidade, representando um fator de grande relevância na deflagração e agravamento dos processos erosivos hídricos. A Figura 17 ilustra alguns dos processos registrados durante o trabalho de campo.

Figura 17 – A: escoamento concentrado com formação de ravina, abaixo do Conjunto Habitacional Vitória, ponto 28; B: sulcos erosivos, ponto 28, C: solapamento de margens do Córrego das Clemências, ponto 19





CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS						
Unidade I Basaltos em colinas	Densidade textural (drenagem e relevo)	Baixa	Altitude/Amplitude do relevo	de 420m a 560m/Pequena (< 100m)	Declividade	Média
			Perfil das encostas	Convexas	Forma dos vales	Abertos
			Forma dos topos	Ondulados a aplanados	Trofia	Não orientada
REGISTRO DE PROCESSOS GEOLÓGICOS:						
DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO						
Domínio de áreas de culturas e pastagens. Vegetação nativa em faixas restritas ao longo dos cursos d'água e alguns pequenos fragmentos florestais (cerrado). Porções ocupadas pela área urbana e áreas de expansão urbana da cidade de Quirinópolis.						
DESCRIÇÃO DE CAMPO:						
Basaltos da Formação Serra Geral						
Relevo em colinas com solos coluvionais avermelhados com nível laterítico na base e latossolos roxos. Rocha maciça e amigdaloidal de sã a muito alterada (saprólito). Ocorrência de blocos rochosos em meia encosta e nos leitos dos córregos.						
PRANCHA 1: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada I - Basaltos em relevo colinoso						
Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos						
Orientador: José Eduardo Zaine						
Rio Claro, janeiro / 2013						



Classe de Rio Claro

Tese de Doutorado

AValiação de PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHA 1: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada I - Basaltos em relevo colinoso

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos

Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

5.2.2 Unidade II – Solos Arenosos de Média Encosta da Formação Adamantina

A unidade II (Prancha 2) é a de maior distribuição na área de estudo, estendendo-se diretamente sobre o embasamento rochoso da unidade I, e abrange áreas de baixa topografia com altitudes máximas de 600 m junto ao sopé da escarpa da unidade III.

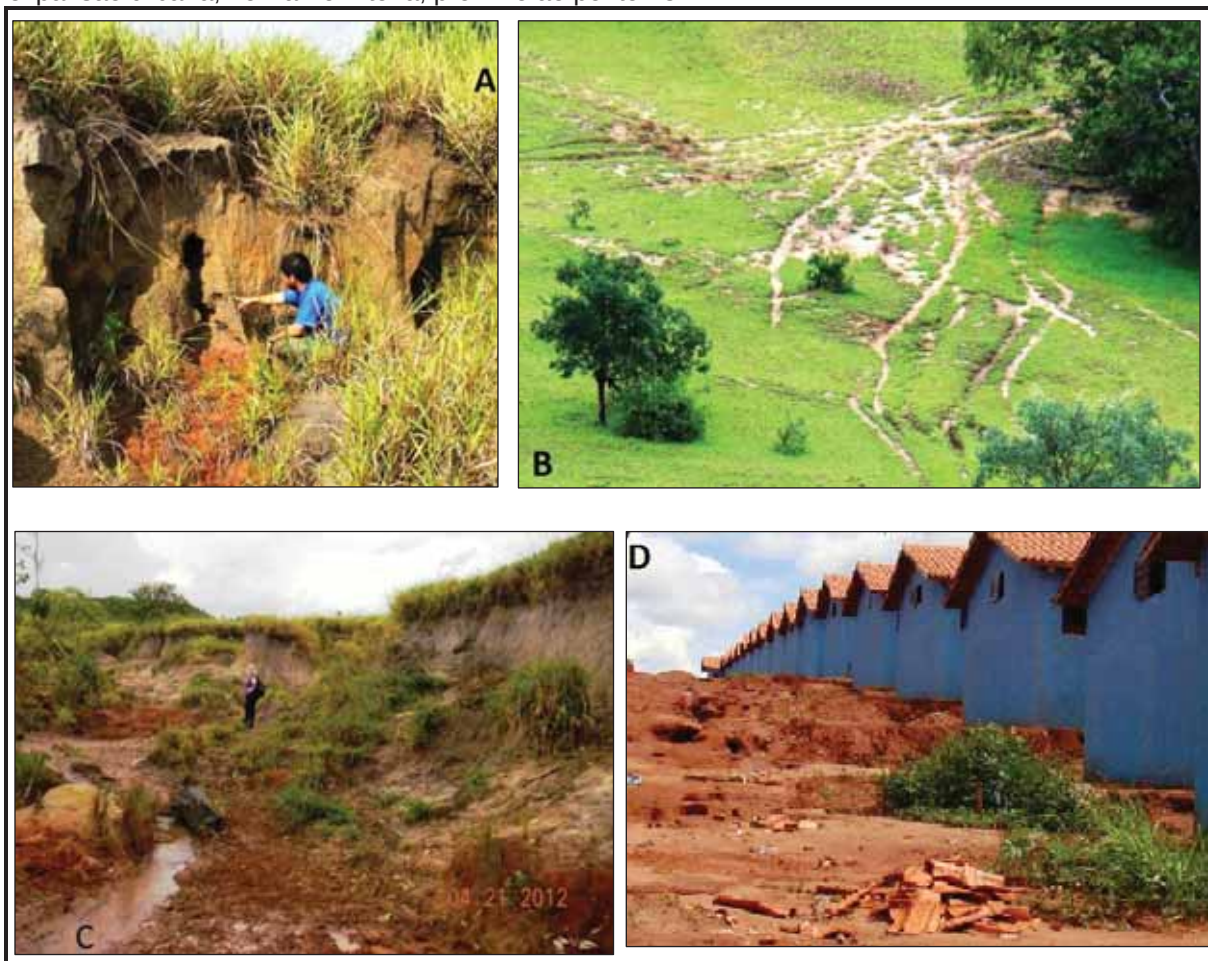
Esta unidade é constituída por arenitos da Formação Adamantina, que possuem coloração variando de avermelhada a amarelada, com granulometria de fina a média e grãos subarredondados. Possui estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, estratificações plano paralelas, além de clastos de argila e concreções carbonáticas.

Seu perfil de alteração possui pouca variação de horizontes, sendo formado por um solo coluvionar areno-argiloso, com pequena camada laterítica que passa para a rocha alterada de coloração avermelhada. Extensos e espessos “areões” são registrados e podem ser associados à desagregação dessas rochas.

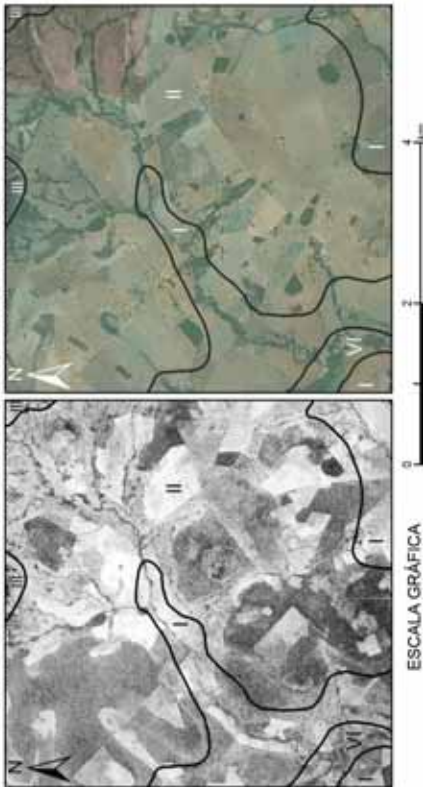
O relevo exhibe patamares estruturais, ligados a camadas de arenitos argilosos avermelhados, sub-aflorantes, mais resistentes à erosão, cuja declividade predominante é classificada como média. Caracteriza-se por colinas extensas com topos amplos e aplainados (grandes interflúvios), e encostas convexas. Os vales são abertos, representados por terrenos planos, favoráveis à deposição de material aluvionar da unidade VI.

O principal processo geológico dessa unidade é a erosão linear, apresentada na forma de sulcos generalizados e ravinas, assim como voçorocas junto aos cursos d'água com afloramento do lençol freático (Figura 18). A ação antrópica possui relevante papel na dinâmica dos processos erosivos, verificando-se agravamento dos problemas em áreas de expansão urbana, pastagens e locais com supressão de APP. Foram registrados, ainda, processos erosivos internos (*piping*) no horizonte C.

Figura 18 – A: erosão interna (piping), próximo ao Córrego Manoel Gomes, ponto 57; B: sulcos em trilha de gado, próximo à subida da Serra da Fortaleza, ponto 55; C: voçoroca, próximo ao Córrego Manoel Gomes, ponto 57; D: escoamento concentrado com formação de sulcos erosivos em área de expansão urbana, no Bairro Vitória, próximo ao ponto 28

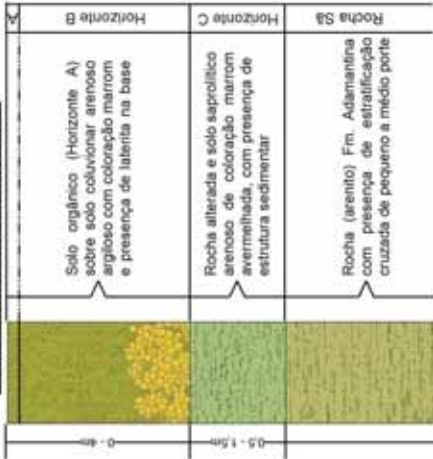


Detalhe da Unidade II na Aerofoto (1965) e Imagem Google Earth (2012)



ESCALA GRÁFICA

Perfil de Alteração/Intemperismo



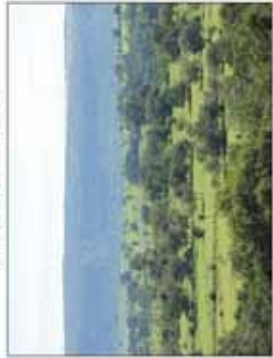
Perfil de intemperismo



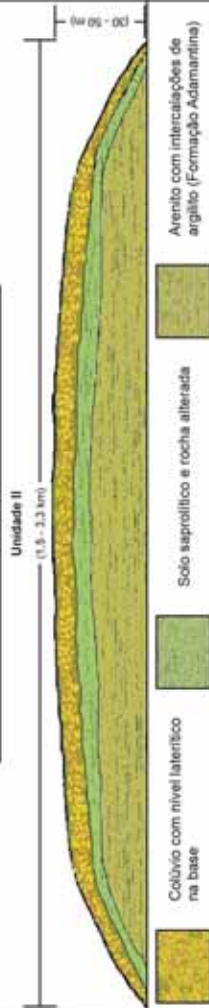
Arenitos da Formação Adamantina



Relevo característico



Seção Esquemática do Relevo e Substrato Geológico



CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS

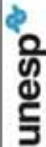
Unidade II Solos arenosos de média encosta	Densidade textural (densagem e relevo)	Altitude/ Amplitude do relevo	Declividade	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Trofia
	Média	de 420m a 600m/ Pequena (< 100m)	Média	Convexas	Aplanados	Abertos	Não orientada

DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Domínio de áreas de culturas e pastagens. Vegetação nativa em faixas restritas ao longo dos cursos d'água e alguns pequenos fragmentos florestais (cerrado).

DESCRIÇÃO DE CAMPO:

Arenito argiloso avermelhado da Formação Adamantina.
Relevo colinoso residual com solo coluvionar marrom, areno-argiloso (Latossolo), com nível de Lateritas ferruginosas



Tese de Doutorado

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHAS 2: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada II - Solos arenosos de média encosta da Fm. Adamantina

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos
Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

5.2.3 Unidade III – Escarpas da Formação Marília

A unidade III (Prancha 3) localiza-se entre os arenitos da Formação Adamantina da unidade II e a cobertura arenosa representativa da unidade VI. Apresenta as maiores declividades na área de estudo, classificada como alta (>20%), com encostas subverticais, predominantemente retilíneas.

O relevo da unidade possui amplitude local média, com variações topográficas entre 580 m e 780 m, distribuído em toda a porção norte da área de estudo. Subordinadamente, ocorrem morros testemunhos isolados, caracterizados como feições residuais mais resistentes, típicas do relevo da unidade.

A litologia é representada por arenitos da Formação Marília (Km), de coloração amarelada a avermelhada, com granulometria variando de fina a grossa. São encontrados arenitos cimentados por carbonato de cálcio em alguns pontos, intercalado com camadas conglomeráticas e presença de estratificação cruzada de pequeno a médio porte. Observou-se, ainda, a presença de camadas de sílex.

Essas camadas conglomeráticas são constituídas por clastos de diversas litologias, com domínio de seixos e calhas de rochas alcalinas e ultrabásicas de tamanhos centimétricos a decimétricos, podendo atingir espessuras métricas.

Seu perfil de alteração é marcado pela quase inexistência do horizonte B e de solos residuais mais desenvolvidos (solos maduros), ou seja, a rocha sã é sub-aflorante.

Associando-se às propriedades dos materiais constituintes, os processos predominantes são representados por movimentos de massa e erosão linear relacionada à grande concentração de drenagem e à declividade acentuada do terreno. A remoção da vegetação nativa e da mata ciliar, com exposição do solo, é fator agravante desses processos na unidade III.

O festonamento da frente da escarpa é determinado pelo efeito de erosão remontante de cursos anaclinais, como os córregos do Potreiro, do Jordalino e Mimoso, tributários do Ribeirão das Pedras.

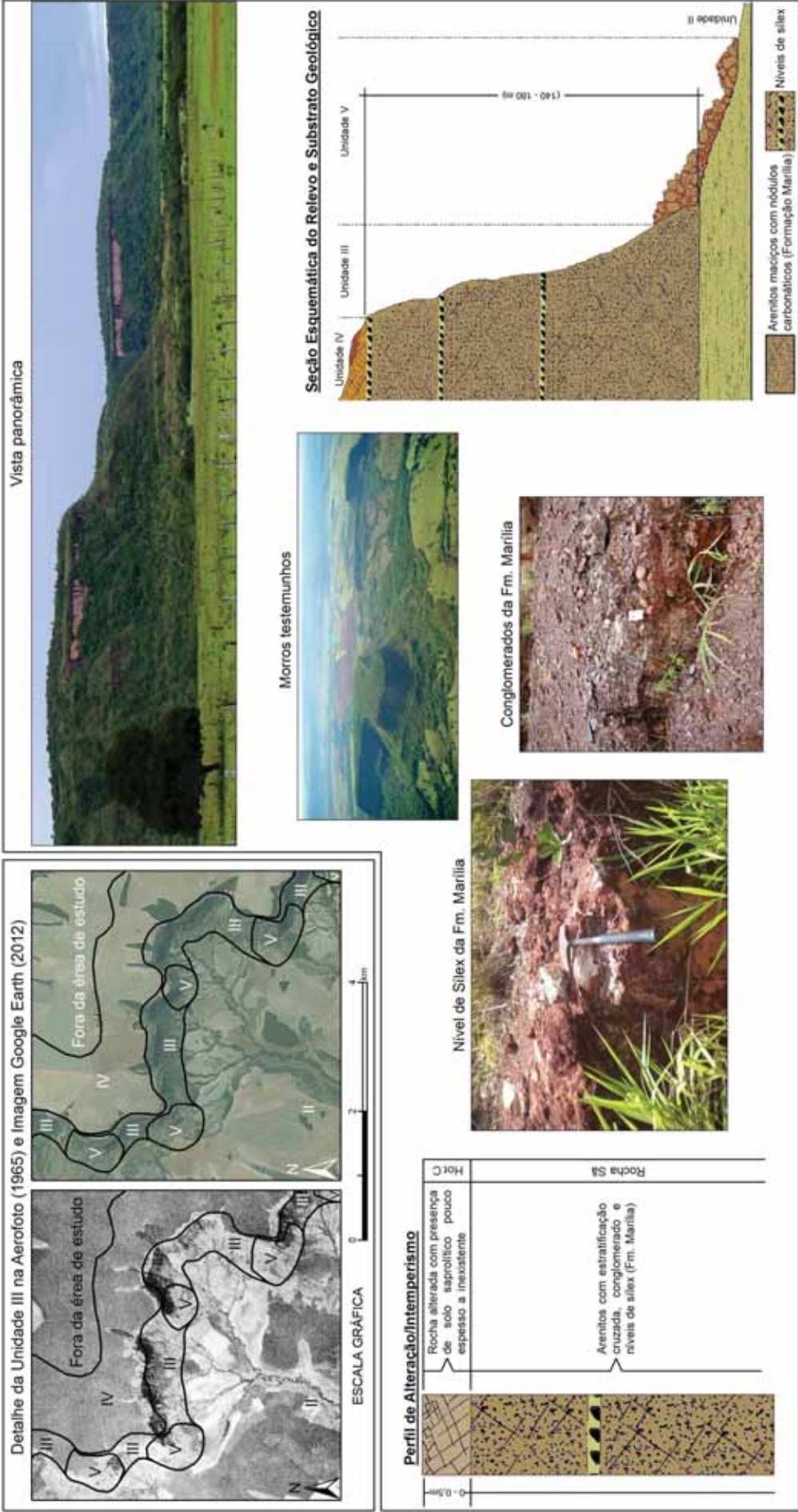
Nesses paredões rochosos estratificados, intercalações litológicas associadas a plano de fraturas podem gerar processos gravitacionais de movimento de massa, como deslocamento e quedas de blocos.

A erosão remontante dos cursos anaclinais provoca retirada gradativa do material subjacente, o que pode ser exemplificado por sedimentos friáveis,

implicando aluição da camada resistente (cornija) com consequente festonamento do *front*. A figura 19 trás a seguir alguns registros feitos em campo

Figura 19 – **A:** *front* da escarpa com detalhe para cicatriz de movimento de massa com mobilização de blocos rochosos e solo saprolítico, visualizado no ponto 12; **B:** escoamento superficial concentrado caracterizado por cursos d'água intermitentes e cachoeiras, registrado próximo ao ponto 12





CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS					
Unidade III Escarpas da Formação Marília	Densidade textural (drenagem e relevo)	Alta	Altitude/ Amplitude do relevo	Declividade	Forma dos topos
			de 580m a 780m/ Média (de 100 a 300m)	Retilíneas	Fechados
Tropia					
Não orientada					
REGISTRO DE PROCESSOS GEOLOGICOS:					
Processos erosivos lineares e superficiais, predominando sulcos associados ao escoamento superficial concentrado e com grande potencial transporte sedimentos. Registro de processos de movimento de massa como escorregamentos superficiais de solo e quedas de blocos.					
DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO					
Predomínio de áreas com cobertura vegetal nativa. Locais com solo exposto e afloramentos rochosos no setores mais elevadas, onde a declividade do terreno é superior a 45%.					
DESCRIÇÃO DE CAMPO:					
Arenitos da Formação Marília ocorrendo em relevo marcado por encostas escarpadas retilíneas, de alta declividade.					



unesp

Campina de Rio Claro

Tese de Doutorado

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHA 3: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada III - Escarpas da Fm. Marília

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos

Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

5.2.4 Unidade IV – Coberturas Arenosas de Topo de Planalto

A unidade IV (Prancha 4) abrange as áreas de noroeste a nordeste, junto ao limite da área de estudo, localizada nas porções de topo dos relevos tabulares. Com significativa distribuição espacial, ocorrendo em níveis topográficos elevados, possui relevo formado por amplos planaltos, associados às superfícies aplainadas características do sudoeste goiano.

São observados terrenos mais elevados, com topografia variando de 780 m a 840 m, e declividade predominantemente média, tanto no planalto, como nos morrotes residuais. Destacam-se as áreas ao norte e oeste da unidade, situadas em cotas mais elevadas e com declividade mais acentuada, entre 10 e 20%.

As quebras positivas do relevo na borda do platô definem um limite marcante entre a unidade IV e as escarpas da unidade III. Os vales são abertos, delimitados por encostas convexas, pouco íngremes.

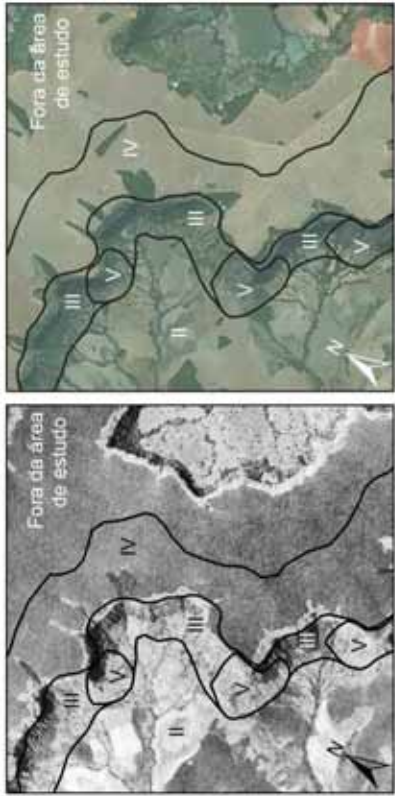
A unidade é caracterizada por coberturas detrito-lateríticas cenozoicas, capeando solos arenosos e arenitos avermelhados e amarelados da Formação Marília. Seu perfil de alteração é constituído por um solo arenoso com nível laterítico na base. Os solos argilo-arenosos e as couraças lateríticas foram classificados como latossolos, predominantemente avermelhados, de textura argilosa, com horizontes de concreções limoníticas. Subordinadamente, ocorrem materiais arenosos, areno-argilosos e argilosos de coloração variada, com raros níveis conglomeráticos.

O principal processo geológico na unidade é representado por erosões de grande dimensões, caracterizadas por voçorocas, junto às cabeceiras de drenagens, com o afloramento do lençol freático. Como registrado nas atividades fotointerpretativas e levantamento de campo (*in loco* e sobrevôo), as feições erosivas indicam grande fragilidade do meio físico frente às pressões impostas pelas atividades socioeconômicas, uma vez que os problemas geológico-geotécnicos nesta unidade se concentram em cabeceiras de drenagem a montante da Bacia do Ribeirão das Pedras. A combinação de fatores naturais, relacionados às propriedades dos solos arenosos pouco coesos e interferências antrópicas, decorrentes da atividade agropecuária e supressão da vegetação, resulta na maior suscetibilidade da unidade IV aos processos erosivos acelerados. A seguir, na Figura 20, são apresentados fotografias de uma feição erosiva representativas da unidade IV registradas em campo.

Figura 20 - A/B: interior da voçoroca (de diferentes ângulos); **C:** vista aérea da voçoroca. Erosão instalada na Unidade IV, na Serra da Fortaleza, ponto 10

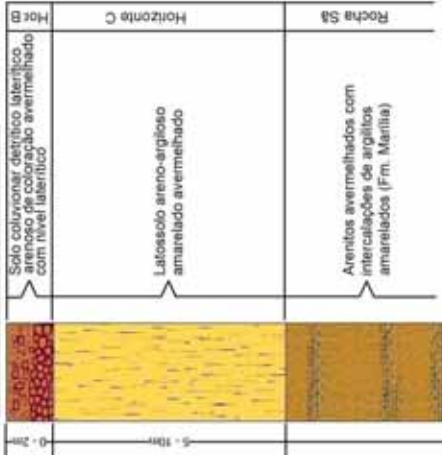


Detalhe da Unidade IV na Aerofoto (1965) e Imagem Google Earth (2012)



ESCALA GRÁFICA

Perfil de Alteração/Intemperismo



Perfil de alteração



Perfil de solo no interior da voçoroca



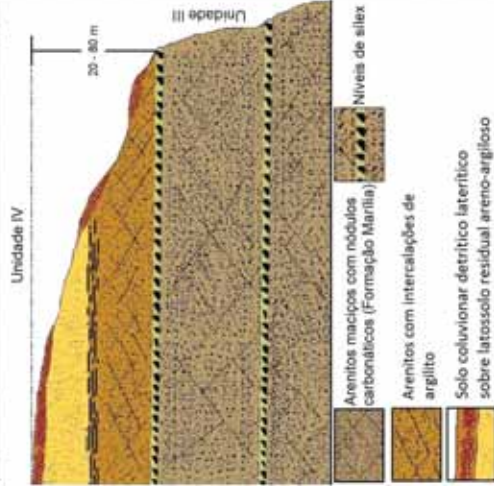
Solo detrítico-laterítico sobre arenitos



Vista panorâmica



Seção Esquemática do Relevo e Substrato Geológico



CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS

Unidade IV	Densidade textural (drenagem e relevo)	Altitude/ Amplitude do relevo	Declividade	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropla
Coberturas arenosas de topo de planalto	Média	de 700m a 840m/ Baixa (<100m)	Média	Convexas	Aplainados	Abertos	Não orientada
DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO							
Domínio de áreas de culturas e pastagens. Vegetação nativa em faixas restritas ao longo dos cursos d'água e nascentes e fragmentos florestais junto borda do planalto.							
DESCRIÇÃO DE CAMPO:							
Cobertura arenosa da Formação Marília em relevo formado por platôs elevados (topos tabulares) e morrotes residuais. Presença de solos argilo-arenosos e couraças lateríticas, classificados como latossolos, predominantemente avermelhados, de textura argilosa, com horizontes de concreções limoníticas. Subordinadamente, ocorrem materiais arenosos, areno-argilosos e argilosos de coloração variada, com raros níveis conglomeráticos.							
REGISTRO DE PROCESSOS GEOLOGICOS:							
Erosão linear acelerada caracterizada por sulcos, ravinas e principalmente grandes voçorocas associadas às cabeceiras de drenagem.							



Câmpus de Rio Claro

Tese de Doutorado

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHA 4: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada IV - Coberturas arenosas de topo de planalto

Doutorando: Fátima Suelli Marcon dos Santos
Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

5.2.5 Unidade V – Colúvios e Talus da Formação Marília

A unidade V (Prancha 5) localiza-se na base e setores de encosta do relevo escarpado, com declividades altas ($> 10\%$), acompanhando o contato das unidades II e III, entre cotas topográficas de 560 m a 760m. Sua representação no mapa (APÊNDICE E) está relacionada às áreas com maior concentração desses depósitos, que foram identificadas na fotointerpretação e verificadas em campo, não sendo possível detalhar tais feições a partir da fotoanálise na escala adotada neste trabalho.

Trata-se de sistemas agradacionais formados pela ação pluvial e gravitacional, resultando em rampas de deposição de grandes volumes de material provenientes do relevo escarpado da Formação Marília.

O perfil de materiais inconsolidados pode apresentar perfis variados (de 0 a 5 m), com disposição caótica dos sedimentos, produto da acumulação dos movimentos de massa e erosão a montante, identificados na unidade III. Observa-se a presença de solo arenítico de coloração avermelhada, com granulometria variando de média a grossa, intercalado com um material mais argiloso, e blocos rochosos de tamanhos variados, depositados de forma desordenada.

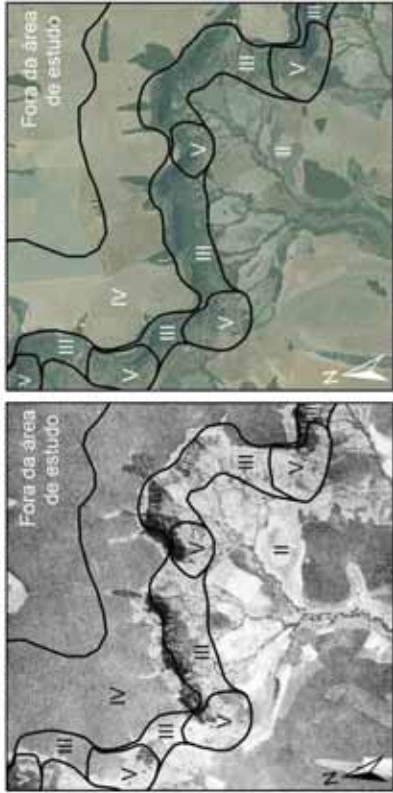
O relevo é marcado por topos aplainados a ondulados, localizados em patamares em meia encosta, sustentados por rochas da unidade III. Apresenta encostas com perfis côncavo/convexas e segmentos descontínuos, associados à variação morfológica do substrato sobre o qual se estabelece. São também encontrados depósitos em vales abertos, caracterizados pelo retrabalhamento dos materiais transportados (erosão/deposição/erosão), em domínio de escoamento superficial concentrado.

Os problemas de natureza geológico-geotécnica resultam da interação de processos de movimentos de massa e erosão linear, agravando-se em áreas com remoção da vegetação nativa. A instabilidade dos terrenos é evidenciada por feições de rastejo e os processos erosivos lineares são representados por sulcos erosivos associados à concentração de escoamento linear em vertentes côncavas, com a remoção do solo coluvionar, implicando o descalçamento e a queda de blocos rochosos. A Figura 21 ilustra as principais feições dos processos geológicos registrados em campo.

Figura 21 – Domínio de fluxo concentrado em vales erosivos com encostas côncavas e feições de rastejo na base do depósito (canto inferior direito), na Serra Confusão do Rio Preto, próximo ao ponto 166.

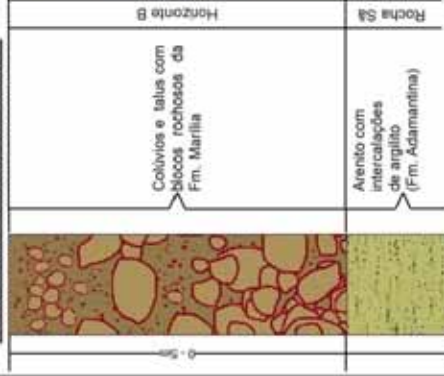


Detalhe da Unidade V na Aerofoto (1965) e Imagem Google Earth (2012)



ESCALA GRÁFICA

Perfil de Materiais Inconsolidados



Registro de queda de blocos



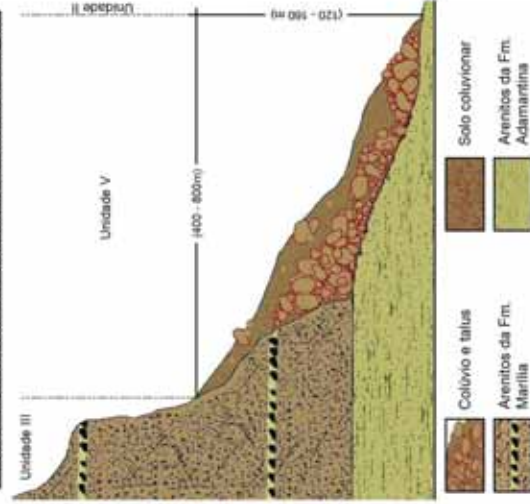
Vista geral



Vista panorâmica



Seção Esquemática do Relevo e Substrato Geológico



CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS

Unidade V Colúvios e Talus da Formação Marília	Densidade textural (drenagem e relevo)	Altitude/ Amplitude do relevo	Declividade	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Trofia
	Média	de 560m a 760m/ Média (de 100 a 300m)	Alta	Côncavas e convexas	Ondulados a aplainados	Abertos	Não orientada
REGISTRO DE PROCESSOS GEOLÓGICOS: Registro de processos erosivos lineares superficiais (sulcos e ravinas). Feições de movimentos de massa gravitacionais como queda/rolamento de blocos, escorregamento e rastejo.							
DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO Predomínio de áreas com cobertura vegetal nativa.							
DESCRIÇÃO DE CAMPO: Sistemas deposicionais formados pela ação pluvial e gravitacional, por transporte e deposição de grandes volumes de material colúvionar e blocos rochosos. O relevo é definido pelas rampas de deposição sub-horizontais associadas a fundo de vales e base de vertentes escarpadas, onde se alargam formando leques deposicionais detriticos.							



Clínica de Rio Claro

Tese de Doutorado

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHAS 5: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada V - Colúvios e talus da Fm. Marília

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos
Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

5.2.6 Unidade VI – Aluviões e Terraços Fluviais

A unidade VI (Prancha 6) é a de abrangência mais restrita na área de estudo, ocorrendo com maior expressão junto ao Ribeirão das Pedras e Córrego Manuel Gomes, com variação topográfica de 422 m a 620 m. Associados às planícies fluviais, estes terrenos caracterizam-se por serem baixos, planos e suavemente inclinados em direção aos cursos d'água, com declividades baixas. Porções com terraços alçados, não inundáveis, foram também mapeadas e incorporadas a essa unidade.

Os depósitos constituem um terreno de agradação, com sedimentos de origem fluvial, resultado, principalmente, da erosão das rochas das Formações Marília e Adamantina. O solo é composto por material areno-argiloso, de granulometria média a grossa, com presença de seixos e pequenos fragmentos rochosos concentrando-se ao longo dos principais canais fluviais.

Com base nos trabalhos de campo e fotointerpretação, verificou-se maior infiltração da água no terreno, em relação ao escoamento superficial, devido aos solos espessos e pouco coesos em áreas planas, com um nível da água subterrânea próximo à superfície.

A instabilidade nas margens dos rios é resultante dos processos erosivos lineares superficiais, com solapamento das margens, causando a queda de árvores. Enchentes e inundações são comuns em período de intensa pluviosidade, além do constante processo de assoreamento ao longo das drenagens principais. A Figura 22, a seguir, exhibe alguns registros destes processos, que representam os principais problemas geológicos-geotécnicos naturais e induzidos pela atividade antrópica.

Figura 22 – A: processo de assoreamento na margem da drenagem; B: solapamento de margem, no Córrego Manoel Gomes, próximo a Serra do Baú.



Detalhe da Unidade VI na Aerofoto (1965) e Imagem Google Earth (2012)



ESCALA GRÁFICA

Vista panorâmica



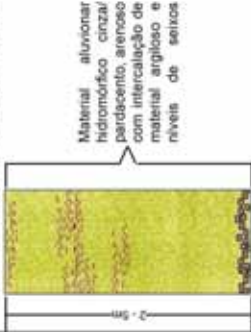
Talude marginal



Detalhe do material aluvionar

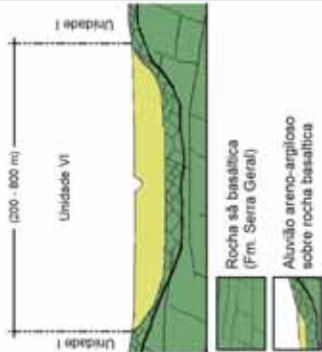


Perfil de Materiais Inconsolidados



Material aluvionar
hidromórfico cinza/
pardacento arenoso
com intercalação de
material argiloso e
níveis de seixos

Seção Esquemática do Relevo e Substrato Geológico



CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS

Unidade VI Aluviões	Densidade textural (drenagem e relevo)	Altitude/ Amplitude do relevo	Declividade	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Trofia
	Baixa	de 420m a 620m/ Pequena (< 100m)	Baixa	-	-	Abertos	Orientada

DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

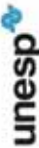
Matia de galeria formada vegetação nativa em faixas restritas ao longo dos cursos d'água e trechos atividades agrícolas e pastagem.

DESCRIÇÃO DE CAMPO:

Terraços baixos, planos, junto às margens dos canais fluviais com leitos rochosos.
Meandros abandonados, terraços alçados, não inundáveis
Depósito de material aluvionar (terraço) nas margens dos canais

REGISTRO DE PROCESSOS GEOLOGICOS:

Os processos relacionados à dinâmica fluvial, com registros de erosão marginal depósitos de assoreamento além de enchentes localizadas.



Campina de Rio Claro

Tese de Doutorado

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

PRANCHAS 6: Síntese das Características da Unidade de Análise Integrada VI - Aluviões e terraços fluviais

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos
Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

6 AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS

Neste item, a avaliação da possibilidade de ocorrência de erosão é apresentada na forma de um quadro matricial, que mostra a associação das características geológico-geotécnicas de cada uma das seis unidades de análise integrada do meio físico com a incidência dos processos erosivos naturais e induzidos. Os registros de feições resultantes da erosão estão assinalados no mapa de pontos (APÊNDICE B) e no mapa de unidades de análise do meio físico (APÊNDICE E).

Na sequência, é apresentada uma associação desses atributos do meio físico e dos registros de processos geológicos (erosões) com a dinâmica do uso e da ocupação do solo, por meio da observação do tipo de cobertura vegetal natural existente, que é representada na região por fragmentos remanescentes de Cerrado e faixas de mata ciliar ao longo dos cursos d'água. Complementarmente, a análise conta com a influência das áreas agrícolas e urbanas, como atributos ou fatores potencializadores dos processos erosivos.

A partir deste tipo de análise e a aplicação de uma matriz, relacionando tais fatores e atributos às seis unidades de análise do meio físico definidas, foi possível realizar a avaliação dos processos erosivos na Bacia do Ribeirão das Pedras, conforme descrição a seguir.

6.1 Unidade I – Basaltos em Relevo Colinoso

A unidade I é composta por solos argilosos, coesos, derivados dos basaltos, com espessura variável, ou seja, solos mais rasos nas áreas de maior declive e mais espessos nos topos planos.

As características geológico-geotécnicas naturais são consideradas favoráveis, devido à rara ocorrência de feições erosivas nas áreas rurais, apresentando terrenos com declividade intermediária em setores de encosta e fundo de vales, associados a áreas a montante, com moderada contribuição do escoamento pluvial.

A dinâmica do uso do solo, com manejo adequado e sem áreas significativas de solo exposto, permite classificar a atividade agropecuária como de baixa

potencial de ocorrência de erosão, estando representada pela cor verde no Quadro 15.

Em contraponto, na área de ocupação urbana, a ausência de infraestrutura básica é um fator altamente negativo ou de desequilíbrio, fazendo com que uma área de crescimento da cidade, de baixa suscetibilidade natural, seja classificada como de alto potencial de ocorrência de processos erosivos, predominantes nas proximidades dos canais de drenagem, com consequente escoamento concentrado e início de formação sulcos, ravinas e solapamento de taludes marginais.

O registro de tais feições próximo à cidade indica a pressão do crescimento urbano, sendo classificadas como fatores desfavoráveis nesta avaliação, assinaladas com a cor vermelha no Quadro 15.

6.2 Unidade II – Solos Arenosos de Média Encosta da Formação Adamantina

A unidade II é composta por solos areno-argilosos pouco coesos, coluviais e residuais, capeando arenitos da Formação Adamantina, com declividades predominantemente médias, com topos planos e vertentes suaves.

A baixa densidade de drenagem (maior infiltração no solo) e os poucos indícios de erosão (apenas em alguns setores) levam a classificar a unidade como de moderada possibilidade de ocorrência de processos erosivos.

A associação desses fatores define a unidade II como de moderada possibilidade à erosão, porém, dentro da unidade, dois setores merecem destaque pelas especificidades, ou seja, representam áreas com maior incidência de feições erosivas. Essas áreas se localizam às margens de córregos próximos ao sopé de escarpa e também na periferia de área urbana, levando a classificar esses setores como de alta possibilidade de ocorrência de erosão (vermelho no Quadro 15).

6.3 Unidade III – Escarpas da Formação Marília

A unidade III é composta por rochas sedimentares (arenitos, arenitos com nódulos carbonáticos, silexitos e conglomerados), sub-aflorantes a aflorantes em terrenos de altas declividades e alta densidade dos elementos de drenagem e relevo (alta rugosidade). Embora em setor de alta energia, os fluxos d'água em canais paralelos não evoluem para feições erosivas com maior desenvolvimento e incisão

vertical. A exceção ocorre nos cursos d'água principais, onde o entalhe em planos de fraturas pode explicar a formação de grandes anfiteatros de relevo no *front* da escarpa durante a evolução lenta e natural do relevo.

Na classificação desta unidade são considerados como fatores preponderantes a alta resistência à erosão das rochas e a energia do sistema, de certa forma dispersa por conta dos canais paralelos (não convergentes), a preservação de vegetação nativa (faixas de fragmentos florestais ao longo da unidade) e as intervenções antrópicas restritas às duas estradas vicinais que transpõem a serra.

Para o conjunto geral da unidade III pode ser atribuída baixa possibilidade de ocorrência de processos de erosão hídrica do solo (verde no Quadro 15).

Dentro desta unidade, a exceção registrada é para os setores ou faixas marginais aos locais com maior nível de intervenção antrópica. Onde o terreno apresenta-se verticalizado, existem fragmentos de Cerrado, e onde ocorrem os patamares, pratica-se a pecuária. Em áreas de supressão da vegetação, predomina o escoamento concentrado, formando-se ravinamentos e acentuada dissecação em quase toda sua extensão.

A possível geração de sulcos e ravinas é esperada nas faixas laterais das duas vias de acesso, referidas anteriormente, ou seja, as estradas rurais funcionam como calhas para o escoamento pluvial, com aporte de sedimentos das áreas marginais e do próprio leito. Essas intervenções que concentram, de alguma forma, os fluxos d'água superficiais (enxurradas) levam a classificar esses trechos como de alta possibilidade de ocorrência de processos erosivos.

6.4 Unidade IV – Coberturas Arenosas de Topo de Planalto

A unidade IV é composta por solo arenoso incoeso, espesso, convergente em anfiteatros de topo (cabeceiras), em terrenos de declividades intermediária a alta e média densidade textural. Apresenta feições erosivas de grande porte, com destaque para voçorocas, com desenvolvimento vertical até o nível d'água subterrâneo.

Nos terrenos com alta declividade localizados na borda do platô, junto às escarpas da Formação Marília, concentra-se um grande número de cabeceiras de drenagens com maior fluxo de escoamento superficial e transporte do solo. Estas

áreas apresentam-se mais susceptíveis aos processos de ravinamento e voçorocas, associados à peneplanização dos terrenos mais elevados, bem como o festonamento da escarpa pela erosão remontante dos cursos d'água.

O fluxo d'água no fundo e nas paredes da voçoroca, ao caminhar para o seu interior, carrega o material em profundidade, formando-se tubos vazios no interior do solo, aumentando-os, até dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos, alargando a voçoroca. A presença do lençol freático, interceptado pela voçoroca, induz ao aparecimento de surgências d'água e ao fenômeno conhecido como *piping*.

Para a classificação da unidade devem ser correlacionadas a baixa resistência à erosão devido ao grau de coesão do solo arenoso, a preservação restrita da vegetação nativa aos cursos d'água e nascentes, a utilização de quase todo o trecho para agropecuária e a ausência ou insuficiência de medidas de controle erosivo. Predomina o uso de grandes áreas com pastagens, cuja prática leva o gado a caminhar para as nascentes localizadas no início das bordas de escarpas, em trilhas que favorecem a concentração do escoamento das águas de chuva, acelerando os processos erosivos.

De acordo com o comportamento geológico-geotécnico do substrato e o uso e ocupação do solo, à unidade IV pode ser atribuída alta possibilidade de ocorrência de processos de erosão hídrica do solo, ou seja, cor vermelha no quadro de classificação (Quadro 15).

6.5 Unidade V – Colúvios e Talus da Formação Marília

A unidade V é composta por materiais arenosos, com blocos e fina camada de solo coluvionar sobre os depósitos desordenados de talus, apresentando alta declividade e densidade textural média.

Em geral, predominam processos gravitacionais, como quedas, deslizamentos, rolamentos, rastejos e feições erosivas de pequeno porte em toda a unidade. As feições erosivas são paralelas e, embora dentro de ambiente de alta energia, não há desenvolvimento vertical dos processos.

Foram observadas áreas ocupadas pela agropecuária, predominando as pastagens cultivadas, além de fragmentos de mata ciliar e descontínuos, favorecendo o processo erosivo e resultando em processos correlatos.

Para a classificação da área, podem ser considerados fatores preponderantes: a média resistência dos blocos arenosos à erosão, a energia do ambiente dispersa em canais paralelos, o predomínio da cobertura vegetal nativa e a reduzida intervenção antrópica.

Para o conjunto geral da unidade V pode ser atribuída média possibilidade de ocorrência de erosão hídrica do solo, ou seja, cor amarela no quadro de classificação (Quadro 15).

6.6 Unidade VI – Aluviões e Terraços Fluviais

A unidade VI é composta por material arenoso incoeso, oriundo em grande parte da Formação Adamantina, baixa densidade textural e baixa declividade, com fluxos concentrados no canal. Os processos mais presentes nesta unidade são de erosão das margens, assoreamento e inundação.

Para classificação da unidade, é possível considerar como fatores preponderantes: a baixa resistência dos sedimentos à erosão, a estreita faixa de mata ciliar preservada, a erosão marginal nas áreas próximas das cabeceiras e sopé da escarpa, a utilização do solo para cultura e pastagem, com deficiência no manejo.

A associação desses atributos e fatores possibilita definir a unidade VI como de moderada suscetibilidade à erosão hídrica do solo, devendo ser salientada a importância do uso e da utilização do solo das áreas do entorno, já que influem diretamente na quantidade e na velocidade com que os sedimentos e as águas pluviais são carregados para a drenagem.

A seguir é apresentado o Quadro 15, com a avaliação da possibilidade de ocorrência dos processos erosivos lineares nas seis unidades de análise do meio físico. A análise deste quadro possibilita identificar os diferentes níveis de potencial de erosão induzida e suscetibilidade à erosão natural, a partir de uma associação direta dos atributos e critérios adotados para cada unidade.

Quadro 15 – Avaliação dos processos erosivos nas unidades de análise integrada do meio físico na bacia do Ribeirão das Pedras

ATRIBUTOS/ FATORES		UNIDADES DE ANÁLISE					
		I Basaltos em relevo colinoso	II Solos arenosos de média encosta da Fm Adamantina	III Escarpas da Fm Marília	IV Coberturas arenosas de topo de planalto	V Colúvios e talus da Fm Marília	VI Aluviões e terraços fluviais
Características Geológico- Geotécnicas	Tipo e espessura do solo						
	Declividade dominante do terreno						
	Escoamento superficial (densidade X organização)						
Processos Geológicos (erosão)	Indícios de erosão e de concentração de águas						
Dinâmica de uso e ocupação do solo	Cobertura vegetal Remanescen tes de cerrado e mata ciliar						
	Pecuária e atividade agrícola			Não observado			
	Ocupação urbana (vetores de expansão)			Não observado	Não observado	Não observado	Não observado

CLASSES DE POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PROCESSOS
DE EROSÃO HÍDRICA DO SOLO:

BAIXA	MODERADA	ALTA
-------	----------	------

7 CONCLUSÕES

Na busca por soluções mitigadoras dos impactos decorrentes do processo de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, é necessário o conhecimento básico do seu meio físico.

Na presente pesquisa, concebeu-se o conhecimento geológico, geomorfológico e pedológico, de forma integrada, para a definição de unidade espacial de trabalho, agregando tais informações a outras que auxiliaram na identificação, tanto dos processos do meio físico e sua sinergia diante da ação antrópica, como forma de avaliação dos níveis de suscetibilidade à erosão dos terrenos. Esse conhecimento resultou de um processo de mapeamento, viabilizando a avaliação do comportamento dos seus componentes em termos geológico-geotécnicos e suas características e propriedades de interesse à implementação das formas de ocupação.

Destacando-se o embasamento teórico-metodológico, proposto por Zaine (2011), para análise, fotointerpretação e associação com as propriedades geotécnicas e processos geológicos, o desenvolvimento do trabalho foi se mostrando adequado, à medida que os objetivos da pesquisa eram atingidos.

A utilização do método de análise integrada contribuiu, significativamente, para a pesquisa em termos de redução de custo, tempo e aplicabilidade, em vez de se realizar o cruzamento de uma multiplicidade de produtos ou de associações sistemáticas, com atribuições e pesos, até que se chegasse a um mapa final. A integração das informações levantadas sobre o meio físico definiu um procedimento simples de execução dos estudos, comparado aos métodos tradicionais de elaboração de cartas geotécnicas, sendo imprescindível o conhecimento específico do executor nas etapas de fotointerpretação, caracterização geológico-geotécnica e avaliação dos processos erosivos. Sua relevância está em permitir a replicação do método em áreas de contexto similar ou mesmo em terrenos diversos.

Como complemento aos trabalhos de fotogeologia, ressalta-se a geração do modelo digital de elevação, que permitiu a análise da declividade e elevação do terreno. Os ensaios realizados em ambiente SIG apresentaram grande importância para consolidação dos dados levantados, por meio da elaboração de uma base topográfica digital, facilitando a manipulação dos dados e retificando

incompatibilidades relacionadas às escalas dos materiais cartográficos da área, disponíveis até o desenvolvimento da presente pesquisa.

Os dados coletados em campo foram organizados e descritos em forma de tabela no APÊNDICE A, apresentados no mapa de pontos contido no APÊNDICE B, e representam o registro georreferenciado dos principais problemas de natureza geológico-geotécnica associados aos processos erosivos naturais e/ou acelerados pela ação do homem. Essas informações complementares foram fundamentais para a caracterização das unidades de análise integrada, subsidiando a avaliação dos processos geológicos atuantes na área estudada.

A aplicação da análise integrada contribuiu para a elaboração de um produto cartográfico único, no qual os elementos foram analisados em conjunto, definindo seis unidades fisiográficas, as quais refletem as condições atuais do meio ambiente, com limites concretos no espaço.

O estudo demonstrou que a erosão e o assoreamento são problemas geoambientais relevantes na área, de modo que a caracterização desses processos e sua distribuição espacial são de fundamental importância ao planejamento e à proposição de diretrizes para medidas preventivas e corretivas.

Processos geológicos de erosão linear acelerada, na forma de sulcos, ravinas e voçorocas, de solapamento nas margens dos canais de drenagem, além de processos de rastejo e escorregamento de solo, secundariamente, acarretaram aumento da produção de sedimentos para os canais de drenagem, com assoreamento do leito natural. Assim, são indicados estudos hidrológicos específicos, complementares, para avaliação da qualidade e do volume da água captada de seu principal manancial de abastecimento público pelo respectivo órgão municipal de Quirinópolis.

Da análise conjunta das unidades delimitadas, pode-se concluir que:

A unidade IV, que corresponde às coberturas arenosas de topo da serra tabular, embora com declividades intermediárias, contém materiais pouco coesos, ou seja, de fácil desagregação. A incidência de voçorocas expressivas comprova a alta possibilidade de erosão da unidade IV. Nesse caso, o avanço da fronteira agrícola no planalto potencializou, sobremaneira, os processos erosivos nessa unidade, ao desconsiderar tais características e o alto grau de suscetibilidade dos terrenos.

As feições erosivas na borda do planalto, no limite das unidades III e IV, ocorrem na forma de voçorocas em cabeceiras de drenagem, e estão associadas ao

desmatamento da vegetação, classificando esses setores como de alta possibilidade de ocorrência de erosão.

Os terrenos escarpados da unidade III apresentam maior resistência à erosão, associados à baixa alterabilidade dos materiais. Essas áreas compõem o segmento de maiores declividades, portanto, de maior energia para remoção e transporte de partículas, aliadas à energia de fluxo do escoamento superficial, com cachoeiras e quedas d'água. Nesse contexto, os processos de movimentos de massas (rastejo, escorregamento e queda de blocos) sobressaem sobre os processos erosivos e devem ser considerados dentro de uma avaliação específica.

A unidade II, classificada como de moderada suscetibilidade à erosão, contempla duas áreas localizadas às margens de córregos próximos ao sopé de escarpa e também na periferia de área urbana com maior incidência de feições erosivas.

Por último, na unidade I, que no contexto geral é classificada como de baixa suscetibilidade à erosão, existe um setor nas proximidades da cidade com alta possibilidade de ocorrência de processos de erosão hídrica do solo, em decorrência da pressão do crescimento urbano.

Os estudos do meio físico, aplicados ao planejamento das atividades socioeconômicas na Bacia do Ribeirão das Pedras, realizados por meio da análise integrada de elementos de relevo, variações litológicas e formas de ocorrência dos perfis de alteração, demonstraram a viabilidade de desenvolvimento de instrumentos de gestão direcionados para o controle da qualidade ambiental dos mananciais de abastecimento público no município de Quirinópolis (GO).

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, Instituto Geografia da USP, n. 18, 1969.

_____. A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. **Geomorfologia**, São Paulo, Instituto Geografia da USP, n. 15, 1969.

ALMEIDA FILHO, G. S. de; RIDENTE JÚNIOR, J. L. Erosão: Diagnóstico, Prognóstico e Formas de Controle. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., Goiânia, 2001. **Minicurso...** Goiânia: ABGE, 2001.

ALMEIDA, F. F. M. Alguns problemas das relações geológicas entre o Cráton Amazônico e as faixas de dobramentos marginais a leste. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 2., Goiânia, 1986. **Atas...** Goiânia: SBG. p. 3-14, 1985.

AMORIM, D. G. A.; ZAINE, J. E.; CERRI, L. E. S.; BOCARDE, D. Método e critérios para identificação e controle de situações de risco geológico em dutovias. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 1, Rio Claro, **Trabalhos Publicados** Rio Claro, 2012 (CD-ROM).

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: Uma Proposta Metodológica e sua Aplicação no Município de Ilhabela, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Politécnica da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

BITTAR, O.Y. (coord.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. ABGE/IPT-DIGEO, São Paulo. 1995. (Série Meio Ambiente).

BLOOM, A. L. **A superfície da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1970. 184p.

_____. **A superfície da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2000.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro, 1982.

BUENO, C. R. P. **Zoneamento da suscetibilidade à erosão dos solos da alta e média bacia do rio Jacaré-Pepira-SP com vistas ao planejamento ambiental**. 1994. 137 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CASSETI, V. Proposta metodológica para elaboração de carta de risco. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 15, n.1, p. 81 – 88, jan/dez. 1995.

CERRI, L. E. S.; ZAINE, J. E.; PAULA, J. P. L. de. Curso: **Geologia aplicada ao patrulhamento de rede da COMGÁS**. Material didático. São Paulo, out/2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 415 – 443.

CPRM. **Mapa Geológico do Estado de Goiás**. Goiânia, 2009. 1 mapa. Escala: 1:500.000.

CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Sistema Conservacionista no Brasil Central**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia, 1993. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993.

DE BIASI, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, p. 8-13, 1970.

DIGITAL GLOBE. **Imagens de alta resolução**. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 20 out. 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas orbitais de monitoramento e gestão territorial**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 05 maio 2012.

GRANT, K. The PUCE Programme for Terrain Evaluation for Engineering Purposes. I. Principles. Melbourne: CSIRO - Division of Applied Geomechanics, **Technical Paper** n. 15, 1975.

GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

GUERRA, A. J. T. et al. **Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no Sudoeste de Goiás**. Projeto Cerrado II. Convênio IBGE/EMBRAPA. Coordenação: Antônio José Teixeira Guerra. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 1989.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IAEG. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY. **Engineering geological maps: a guide to their preparation**. Paris: Unesco Press, 1976.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: jul. 2011.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 131-152.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1990.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/Paranapanema.** São Paulo: IPT/DAEE, 1986. 6 v. (IPT, Relatório 24.739).

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia.** 3. ed. revis. e ampl. Recife: Bagaço, 2001.

LACERDA FILHO, J. V. de; REZENDE, A.; SILVA, A. da (Org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal:** escala 1:500.000. 2. ed. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB, 2000.

LOLLO, J. A. de. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico:** sistematização e aplicação na Quadrícula de Campinas. 253 p. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MACEDO, M. C. M. Recuperação de áreas degradadas: pastagens e cultivos intensivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 7, Goiânia, 1993. **Anais...** Goiânia: SBSC, 1993, p.71-72.

MAGNAGO, H.; SILVA, M.T.; FONZAR, B.C. **Vegetação.** In: Projeto Radambrasil. Folha SE 22, Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 31).

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MATHEWSON, C.; FONT, R. G. Geologic environment: forgotten aspects in the land use planning process. **Case Histories**, The Geological Society of America - Engineering Geology, 1974. p. 23-38.

MIRANDA, E. E. **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

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

NOVAES PINTO, M. Aplainamento nos trópicos - uma revisão conceitual. **Geografia**, v. 13, n. 26, p. 119-129, 1988.

NOVAES, A. S. S et al. **Levantamento Exploratório dos Solos.** In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro: 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31). Escala 1:1.000.000.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada.** Jaboticabal: FUNEP, 2001.

PENA, G. S. **Projeto Goiânia II.** Relatório Final Integrado, v. 1. DNPM/CPRM, 1975.

PENA, G. S. et al. **Projeto Goiânia II**. Relatório Final. v. 5. Goiânia, DNPM/CPRM, 1975.

PONÇANO, W. L. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. (Monografia 5).

PROJETO RADAMBRASIL– PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO NACIONAL.
Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia/Secretaria Geral, v. 31 (Folha SE. 22, Goiânia), 1983.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**, São Paulo, IG-USP, 1992.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIAs – RIMAS. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 291-336.

SALOMÃO, F. X. de T. **Controle de erosão**: bases conceituais e técnicas. São Paulo: DAEE, IPT, 1990.

SANEJOUAND, R. (ed.). **La cartographie géotechnique en France**. Paris, France. Ministère de l'équipement e du logement - D.A.F.U. - A.R.M.I.N.E.S. -L.C.P.C., 1972. 95 p.

SANTOS, C. S. **Uso da terra e nível tecnológico das unidades de produção agropecuária da Bacia hidrográfica do Rio Passa-Cinco/SP**. Rio Claro, 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.16, n. 32, p.71-104, dezembro, 1976.

SOUZA JÚNIOR, J. J. et al. **Geologia**. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE 22, Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 8, p. 5-18, 1968.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1975.

_____. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **Soil Science Society American Journal**. New York, v. 263, p.616-627,1965.

USAF - United States Air Force. **Levantamento aéreo**,1965.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais. **Revista Solos e Rochas**, São Paulo v.19, n. 2, p. 117-136, 1996.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação - UBCs. Rio Claro (SP)**. 154 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

_____. **Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico** - aplicação em expansão urbana. 88 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.

ZAINE, J. E. **Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG**. Tese (Livre-docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ZUQUETE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. **Cartas de Geologia de Engenharia, Geologia de Engenharia – ABGE**. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p. 283-300.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AB'SÁBER, A. N. **Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados**. In: Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, EDUSP: 97-103, 1971.

AB'SÁBER, A. N. **Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do planalto brasileiro**. Tese de Livre-Docência - FFLCH-USP, São Paulo, 1965.

AB'SÁBER, A. N. **Formas do relevo**. São Paulo: EDART, 1975.

AB'SÁBER, A. N.; COSTA JUNIOR, M. Contribuição ao estudo do sudoeste goiano. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 4, p.123-138, março de 1950.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://abnt.org.br>>.

BEAVEN, P. J. B. Sc; LAWRENCE, C.J. The Application of terrain evaluation to road engineering. CONFERENCE ON ROAD ENGINEERING IN ASIA AND AUSTRALASIA HELD AT KUALA LUMPUR, June 1973. Submitted by Transport and Road Research Laboratory Department of the Environment. Published by: The Institution of Engineers, Malaysia and The Public Works Department, West MalaysiaEngland.

CONCEIÇÃO, T.F. 128 p. 2004. **Comportamento Geoquímico de radionuclídeos e metais pesados em solos na bacia do Corumbataí (SP)**. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp, Rio Claro, 2004.

CRUZ, A .C.; PEROTA, M. L. L. R.; MENDES, M.T.R. **Elaboração de referências**: (NBR 6023/2002). 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; Niterói: Intertexto, 2002.

DALRYMPLE, J. B.; BLONG, R. J.; CONACHER, A. J. A hypothetical nine unit landsurface model. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 12, p. 60-76, 1968.

ERHART, H. La theorie bio-rexistasique et les problems biogéographiques et paleobiologiques. **Soc .Biogeogr.** França, CNRS, n. 288, p.43-53, 1956.

GERRARD, J. **Soil Geomorphology**: an integration of Pedology and Geomorfology. London: Chapman and Hall, 1995.

GRUPO DE TRABALHO NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA DA REDE DE BIBLIOTECAS DA UNESP. **Normalização documentária para a produção científica da UNESP**. São Paulo: Coordenadoria Geral de Bibliotecas - UNESP, 2003. Disponível em: <<http://www.cgb.unesp.br>>. Acesso em: 15 abr. 2003.

HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E. Aspectos lito-estruturais e geofísicos do soerguimento do Alto Paranaíba. **Geociências**, São Paulo, v.10, p. 67-77, 1991.

IBGE. **Geografia do Brasil** – Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, 1989.

MAMEDE, L.; NASCIMENTO, M. A. L. S. do.; ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. dos. **Mapa Geomorfológico**. In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 22 Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 31).

MAMEDE, L.; NASCIMENTO, M.A.L.S. do; ROSS, J.L.S.; SANTOS, L. M. dos. **Geomorfologia**. In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 22 Goiânia. Rio de Janeiro, 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 31).

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Roteiros Geológicos, rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná. In: **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 135-162, nov. 2006/maio/2007.

MODENESI, M. C.; TOLEDO, M. C. M. de. Morfogênese quaternária e intemperismo: colúvios do Planalto do Itatiaia. **Revista Instituto Geológico**, São Paulo, v.14, n. 1, p. 45-53, jan./jun./1993.

OLIVEIRA J. B. de; JACOMINE P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes Gerais de Solos do Brasil**: guia auxiliar para o seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

OLIVEIRA, A. M. S.; SÉRGIO, N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998.

PETRI, S.; FULFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: TAQ-EDUSP, 1988.

PONÇANO, W.L.; HIRUMA, S.T. Densidade de drenagem com fatores geomorfológicos na área do alto Rio Pardo- SP e MG. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo. v. 15, n. 1, p. 49-57, 1994.

RIDENTE JÚNIOR, J.L. **Análise da Utilização de Cartas Geotécnicas em Diferentes Escalas para Gestão Ambiental de Rodovia em Operação**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Meio Ambiental. Universidade Estadual Paulista Rio Claro, SP, 2008.

RODRIGUES, R.; LOPES, J. A. U., Rodovias. In: **Geologia de Engenharia**, OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A.. Cap. 25, p. 419 – 430. São Paulo – ABGE, 1998.

RUHE, R.V. **Geomorphology** - Geomorphic Process and Surficial Geology. Boston: Houghton Mifflin Company, 1975.

SANTOS, F. S. M. dos. **Fatores Geomorfológicos e antrópicos na Avaliação da Fragilidade a processos erosivos, no Município de Quirinópolis, GO**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, 2002.

SOARES, S. B. C. (Org.). **STRAUD 2002**: tutoriais de acesso às bases de dados on-line, referências e outros recursos informacionais. São Paulo: Coordenadoria Geral de Bibliotecas - UNESP, 2002. 1 CD-ROM. Apresentações em PowerPoint.

SUGUIO, K. Introdução: depósitos quaternários. In: SOUZA, C. R.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. de. (Org.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

ZAINE, J. E. **Mapeamento Geológico-Geotécnico por meio do Método do Detalhamento Progressivo**: Ensino de Aplicação na Área Urbana do Município de Rio Claro (SP). 149 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE A

Tabela de pontos de campo

Ponto	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Unidades de Análise Integrada do Meio Físico	Registro de Processos Geológicos Exógenos
	X	Y			
01	543616	7967656	448	VI	Solapamento nas margens do canal
02	541749	7970536	601	V	Rolamento de material
03	541700	7970867	632	V	Rolamento de material
04	541516	7971166	622	V	Sulcos
05	541394	7971366	676	V	Feição de queda de blocos e escorregamento.
06			685	V	Feição de queda de blocos e escorregamento.
07	541462	7971614	718	V	Feição de queda de blocos
08	541522	7971831	729	V	Boçoroca
09	541521	7971886	812	IV	Boçoroca
10	541063	7973215	815	IV	Boçoroca
11	539711	7972584	779	IV	Boçoroca
12	539894	7972355	521	II	Ravinas
13	554109	7966683	528	II	Ravina
14	554406	7966644	499	I	Sulcos
15	554402	7962209	519	II	Exposição do talude de estrada
16	555637	7963965	488	I	Escavabilidade difícil
17			511	I	Solo retirado
18	554546	7962061	496	I	Material de empréstimo
19	554702	7961282	493	I	Solapamento das margens do canal
20	554538	7961352	571	II	Nível do lençol freático próximo à superfície
21	557993	7958180	621	V	Sulcos
22	559915	7964163	631	V	Sulcos
23	559161	7964648	638	V	Sulcos
24	559116	7964698	642	V	Sulcos
25	559108	7964670	670	III	Sulcos
26	559087	7964631	690	III	Sulcos
27			701	IV	Material de empréstimo
28	559031	7964756	520	I	Ravina
29			502	I	Erosão marginal
30	558984	7964924	448	I	Sulcos, calhas e Ravinas
31	558876	7965357	808	IV	Ravina
32	558532	7961855	788	IV	Boçoroca
33	558620	7962162	783	IV	Boçoroca
34			813	IV	Ravina
35			786	IV	Ravina
36	556594	7956521	824	IV	Sulcos
37	539439	7972434	833	IV	Sulcos
38	539684	7972334	842	IV	Sulcos
39	539741	7972329	845	IV	Sulcos
40	539590	7972526	840	IV	Sulcos
41	539981	7972455	842	IV	Sulcos

Ponto	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Unidades de Análise Integrada do Meio Físico	Registro de Processos Geológicos Exógenos
	X	Y			
42	539687	7972701	840	IV	sulcos
43			746	III	Boçoroca
44	539647	7972799	725	III	Cicatriz de deslizamento
45	539654	7973027	650	III	Cicatriz de deslizamento
46	539685	7973236	760	IV	Ravina
47	539878	7973376	762	V	Boçoroca
48	539657	7973367	613	V	Ravina
49	539894	7973148	587	II	Boçoroca
50	540987	7972061	591	II	Sulcos
51	540435	7971649	601	II	Ravina
52	540601	7971661	582	II	Boçoroca
53	541470	7972308	596	II	Boçoroca
54	541967	7972422	592	II	Ravina
55	541953	7971524	598	II	Sulcos
56	541349	7970763	582	II	Ravina
57	541457	7970640	584	II	Boçoroca
58	541571	7970748	597	II	Ravina
59	541409	7970519	587	II	Sulcos
60	541561	7970559	576	II	Sulcos
61	541618	7970393	576	VI	Boçoroca
62	541684	7970398	566	VI	Sulcos
63	541554	7970237	570	VI	Sulcos
64	541595	7970216	579	II	Sulcos
65	541764	7970273	591	II	Ravina
66	541667	7969918	592	II	Ravina
67	541592	7969711	580	II	Sulcos
68	541302	7968796	578	II	Sulcos
69	541303	7968958	578	II	Boçoroca
70	541269	7968930	573	II	Boçoroca
71	541155	7968911	590	II	Sulcos
72	541022	7968804	594	II	Sulcos
73	540963	7968888	587	II	Sulcos
74	541123	7968938	604	II	Ravina
75	541111	7968989	596	II	Ravina
76	541077	7969056	608	II	Sulcos
77	540811	7969415	610	II	Sulcos
78	540588	7969294	607	II	Sulcos
79	540485	7969291	601	II	Sulcos
80	540581	7969348	588	II	Boçoroca
81	540045	7969552	602	II	Boçoroca
82	540089	7969703	621	II	Sulcos
83	539564	7969775	619	II	Sulcos
84	539745	7969837	630	III	Boçoroca
85	539807	7969819	604	II	Sulcos

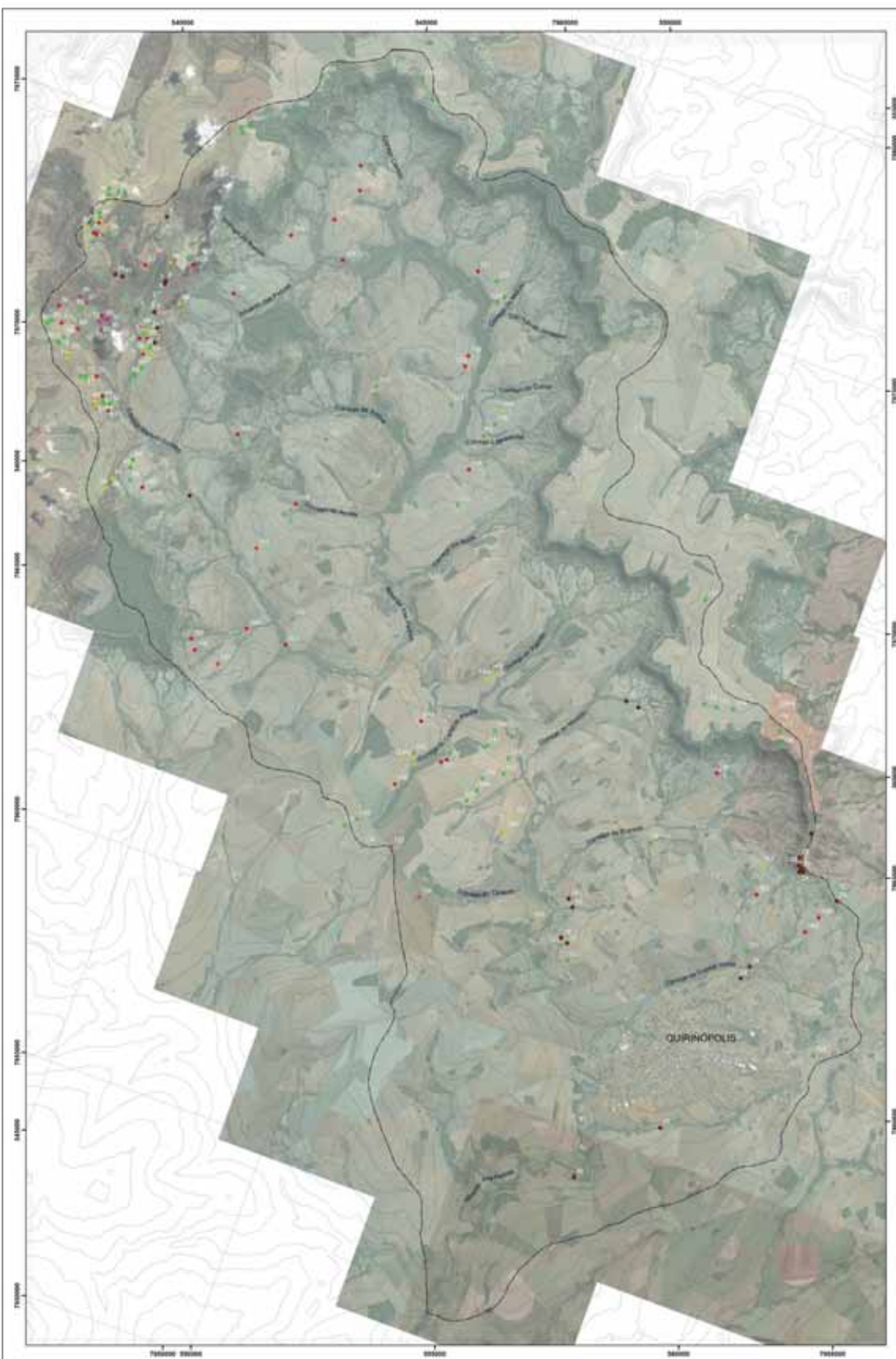
Ponto	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Unidades de Análise Integrada do Meio Físico	Registro de Processos Geológicos Exógenos
	X	Y			
86	539846	7969965	620	III	Cicatriz de deslizamento
87	540066	7970244	618	III	Cicatriz de deslizamento
88	539694	7970248	617	III	Boçoroca
89	539388	7970146	626	V	Cicatriz de deslizamento
90	539470	7970221	621	V	Cicatriz de deslizamento
91	539514	7970582	615	V	Cicatriz de deslizamento
92	540005	7970710	613	V	Cicatriz de deslizamento
93	539887	7970945	614	V	Cicatriz de deslizamento
94	540057	7970848	574	VI	Sulcos
95	540471	7970695	582	VI	Sulcos
96	540573	7970661	591	II	Sulcos
97	540625	7970687	582	VI	Ravina
98	540720	7970599	583	VI	Sulcos
99	540470	7970581	589	V	Ravina
100	540556	7970406	578	II	Boçoroca
101	542178	7967963	564	I	Boçoroca soterrada
102	542187	7967789	544	I	Sulcos
103	542279	7967531	528	I	Sulcos
104	541901	7967429	537	I	Boçoroca
105	541874	7967371	572	II	Boçoroca
106	541837	7967198	572	II	Boçoroca
107	542583	7967468	561	II	Boçoroca soterrada
108	545375	7967069	553	II	Boçoroca
109	546632	7965900	584	II	Boçoroca
110	546696	7965309	574	II	Sulcos
111	545778	7965346	555	I	Sulcos
112	544713	7964725	564	II	Sulcos
113	544867	7964521	566	II	Sulcos
114	545448	7964401	553	VI	Boçoroca
115	545856	7968279	542	II	Sulcos
116	544138	7969269	566	II	Sulcos
117	545986	7969827	571	II	Ravina
118	547187	7969270	544	VI	Sulcos
119	546631	7971294	558	VI	Boçoroca
120	549180	7969458	554	VI	Boçoroca
121	549145	7970272	568	VI	Boçoroca
122	549196	7971074	575	II	Sulcos
123	549343	7971398	556	VI	Sulcos
124	549371	7971723	554	VI	Sulcos
125	548294	7971485	606	II	Boçoroca
126	548289	7972604	589	VI	Boçoroca
127	548295	7972365	593	VI	Boçoroca
128	547844	7974417	567	VI	Boçoroca
129	548304	7974350	588	VI	Boçoroca

Ponto	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Unidades de Análise Integrada do Meio Físico	Registro de Processos Geológicos Exógenos
	X	Y			
130	548590	7974074	594	VI	Boçoroca
131	548467	7973920	508	I	Sulcos
132	544647	7975713	502	I	Sulcos
133	544823	7975197	495	VI	Sulcos
134	544514	7974411	566	II	Boçoroca soterrada
135	544990	7973642	577	II	Boçoroca soterrada
136	543748	7973761	582	II	Sulcos
137	543000	7972129	576	II	Sulcos
138	554830	7960933	581	II	Sulcos
139	554584	7961185	546	II	Boçoroca
140	553804	7961487	552	II	Ravina
141	551312	7961131	540	II	Ravina
142	550370	7961960	545	II	Sulcos
143	549775	7961757	538	VI	Boçoroca
144	549258	7962045	520	II	Ravina
145	549459	7962262	522	II	Ravina
146	549974	7963269	510	I	Sulcos
147	549935	7963843	524	I	Sulcos
148	550140	7963930	509	I	Sulcos
149	550129	7964051	529	I	Sulcos
150	550043	7964761	536	I	Boçoroca
151	551048	7966112	535	I	Boçoroca
152	551140	7966284	512	I	Sulcos
153	551623	7965113		I	Sulcos
154	551578	7964743	532	I	Sulcos
155	552107	7964642		I	Sulcos
156	550891	7964331	527	I	Ravina
157	550857	7964158	525	I	Ravina
158	550757	7964063	521	I	Sulcos
159	552119	7964292	510	I	Boçoroca
160	551722	7964035	572	II	Sulcos
161	551702	7963751	535	II	Sulcos
162	551570	7963465	525	II	Boçoroca
163	552582	7963144	516	II	Ravina
164	552667	7963493	538	II	Boçoroca
165	560589	7960807	708	IV	Sulcos
166	559666	7963685	740	IV	Sulcos
167	559492	7963286	748	IV	Sulcos
168	558430	7962454	755	IV	Sulcos
169	558223	7963700	754	IV	Sulcos
170	558088	7964334	755	IV	Sulcos
171	556491	7965898	765	IV	Sulcos
172	541916	7975595	772	IV	Sulcos
173	541988	7975509	772	IV	Sulcos

Ponto	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Unidades de Análise Integrada do Meio Físico	Registro de Processos Geológicos Exógenos
	X	Y			
174	542075	7975721	822	IV	Sulcos
175	542898	7976373	791	IV	Sulcos
176	543196	7977284	799	IV	Sulcos
177	545273	7977970	799	IV	Sulcos
178	545627	7977611	776	IV	Sulcos

APÊNDICE B

Mapa de pontos de campo



LEGENDA

Convenções Cartográficas

— Limites da Área de Estudo

— Curvas de Nível

Levantamento de Campo

• Pontos de observação

• Pontos com sulcos

• Pontos com ravinas

• Pontos com bioprocas

• Pontos com bioprocas sustentadas

• Pontos com cicatriz de deslizamento

• Pontos com queda de blocos



Escala Gráfica



Localização da Área de Estudo



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Câmpus de Rio Claro

Tese de Doutorado
AVALIAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

APÊNDICE B: MAPA DE PONTOS DE CAMPO

Escala Numérica: 1:50.000

Equidistância das Curvas de Nível: 20 metros

Projeção: Universal Transversa de Mercator

Fuso 22

Datum: South American Datum - 69

Base topográfica gerada a partir de imagens de Shuttle Radar

Topography Mission (SRTM)

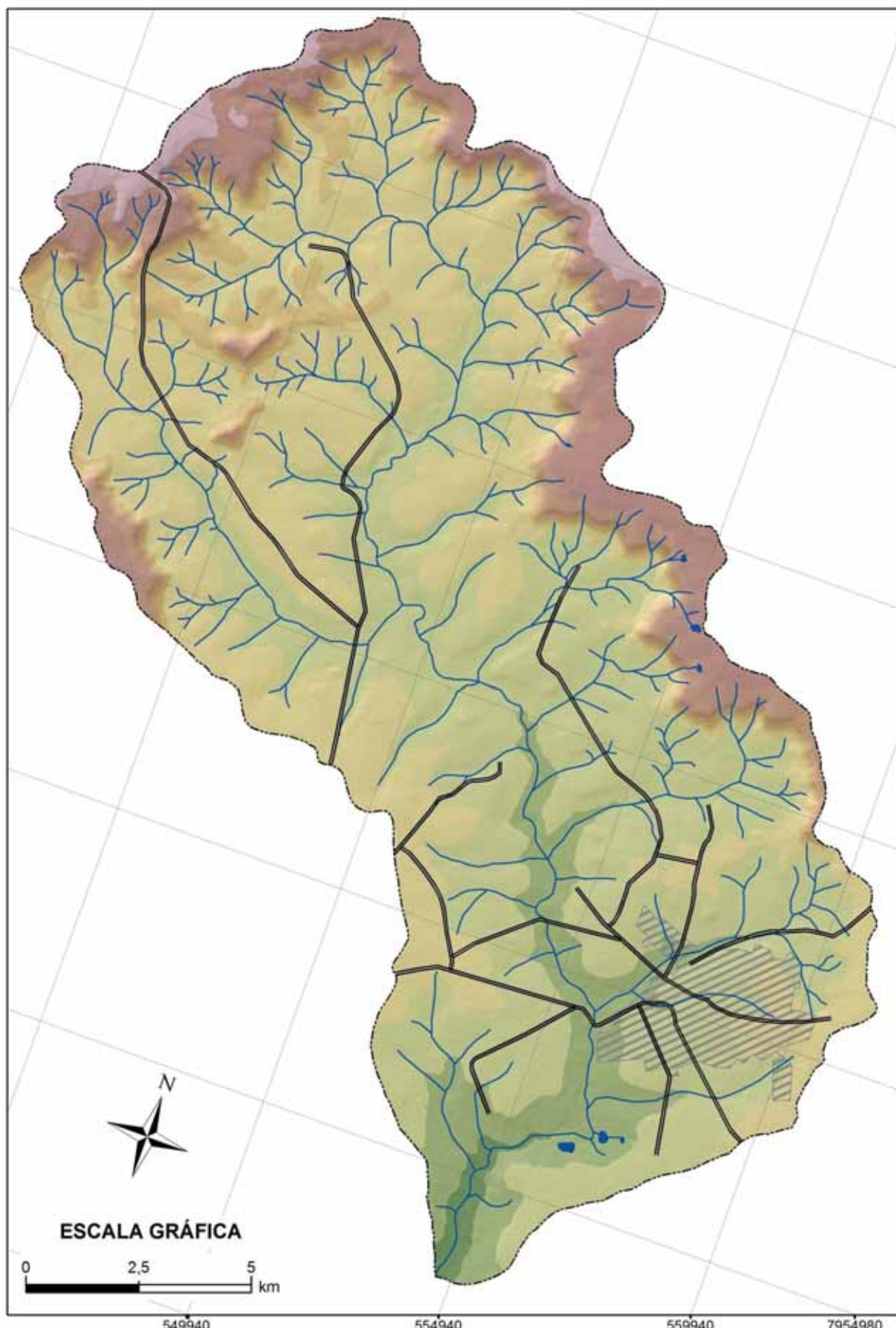
Doutoranda: Fátima Suelli Marcon dos Santos

Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

APÊNDICE C

Mapa hipsométrico



Legenda

- Área de estudo
- Estradas
- Hidrografia
- Área Urbana

Elevação (metros)

- 422 - 450
- 450 - 500
- 500 - 550
- 550 - 600
- 600 - 650
- 650 - 700
- 700 - 750
- 750 - 800
- 800 - 850
- 850 - 900

Localização da Área de Estudo



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Claro do Rio Claro

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS
EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO
MEIO FÍSICO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS PEDRAS,
QUIRINÓPOLIS (GO)

APÊNDICE C:
MAPA HIPSOMÉTRICO

ESCALA 1:100.000

Projeção: Universal Transversa
de Mercator
Fuso 22
Datum: SAD 1969

Base topográfica gerada a partir
de imagens de Shuttle Radar
Topography Mission (SRTM)

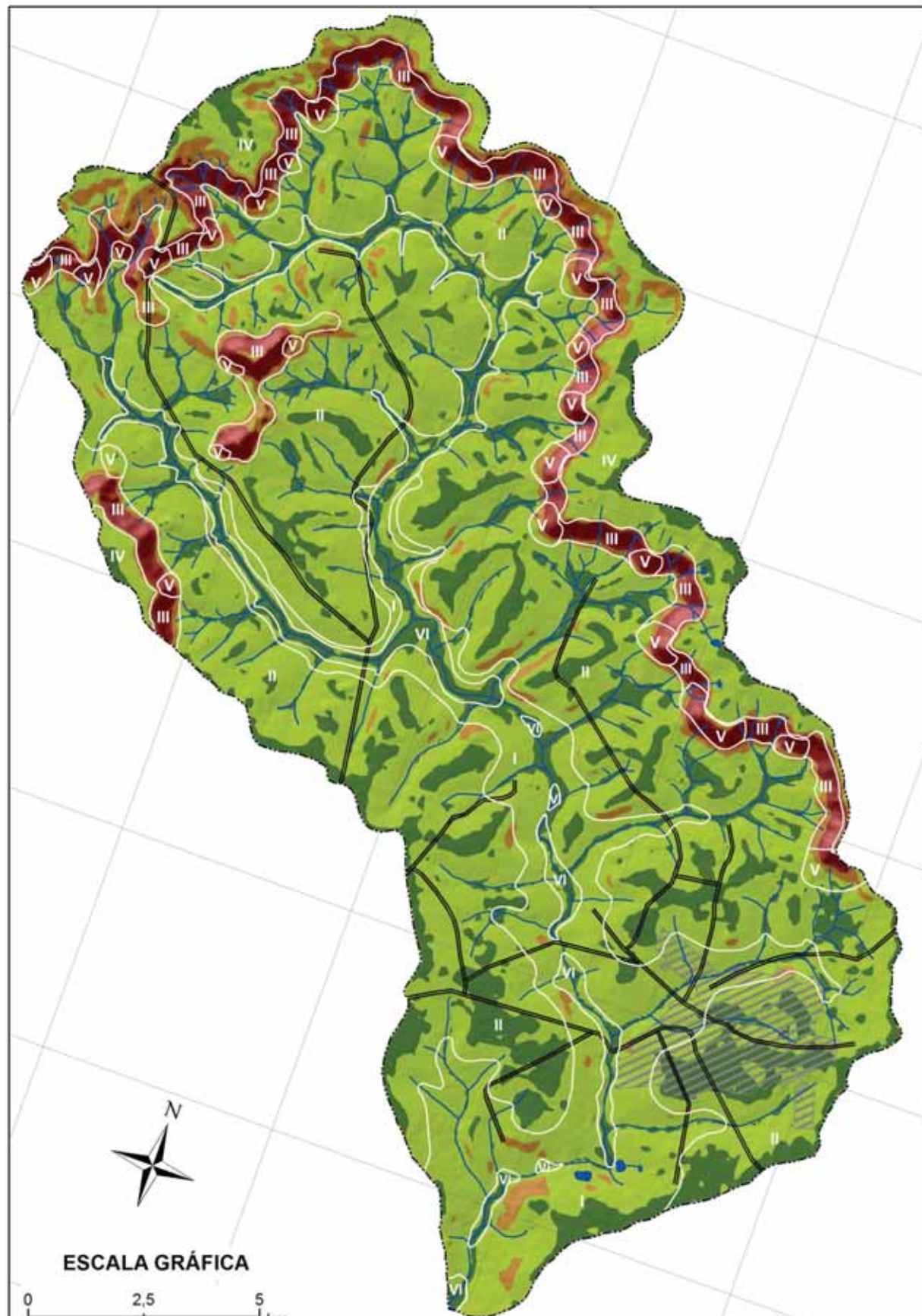
Doutoranda: Fátima S. M.
dos Santos

Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

APÊNDICE D

Mapa de declividade



Legenda

- Área de estudo
- Estradas
- Hidrografia
- Limite das Unidades
- ▨ Área Urbana

Declividade (%)

- 0 - 3
- 3 - 10
- 10 - 20
- > 20

Localização da Área de Estudo



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Rio Claro

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS
EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO
MEIO FÍSICO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DAS PEDRAS,
QUIRINÓPOLIS (GO)

APÊNDICE D:

MAPA DE DECLIVIDADE

ESCALA 1:100.000

Projeção: Universal Transversa
de Mercator

Fuso 22

Datum: SAD 1969

Base topográfica gerada a partir
de imagens de Shuttle Radar
Topography Mission (SRTM)

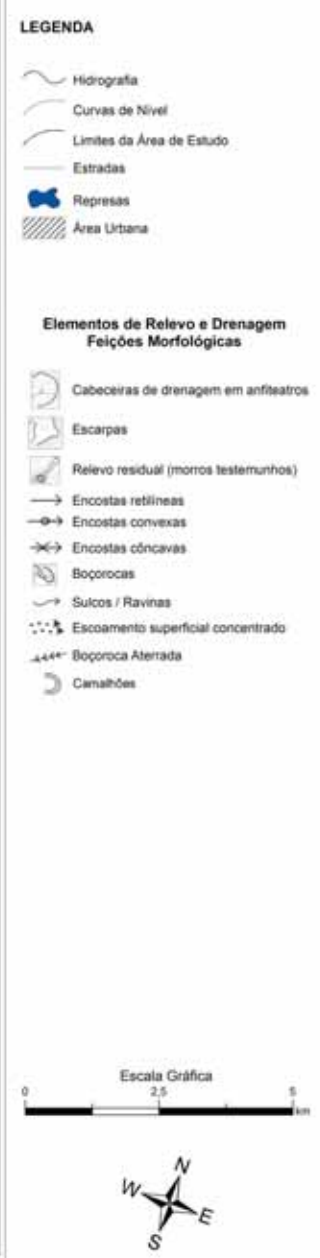
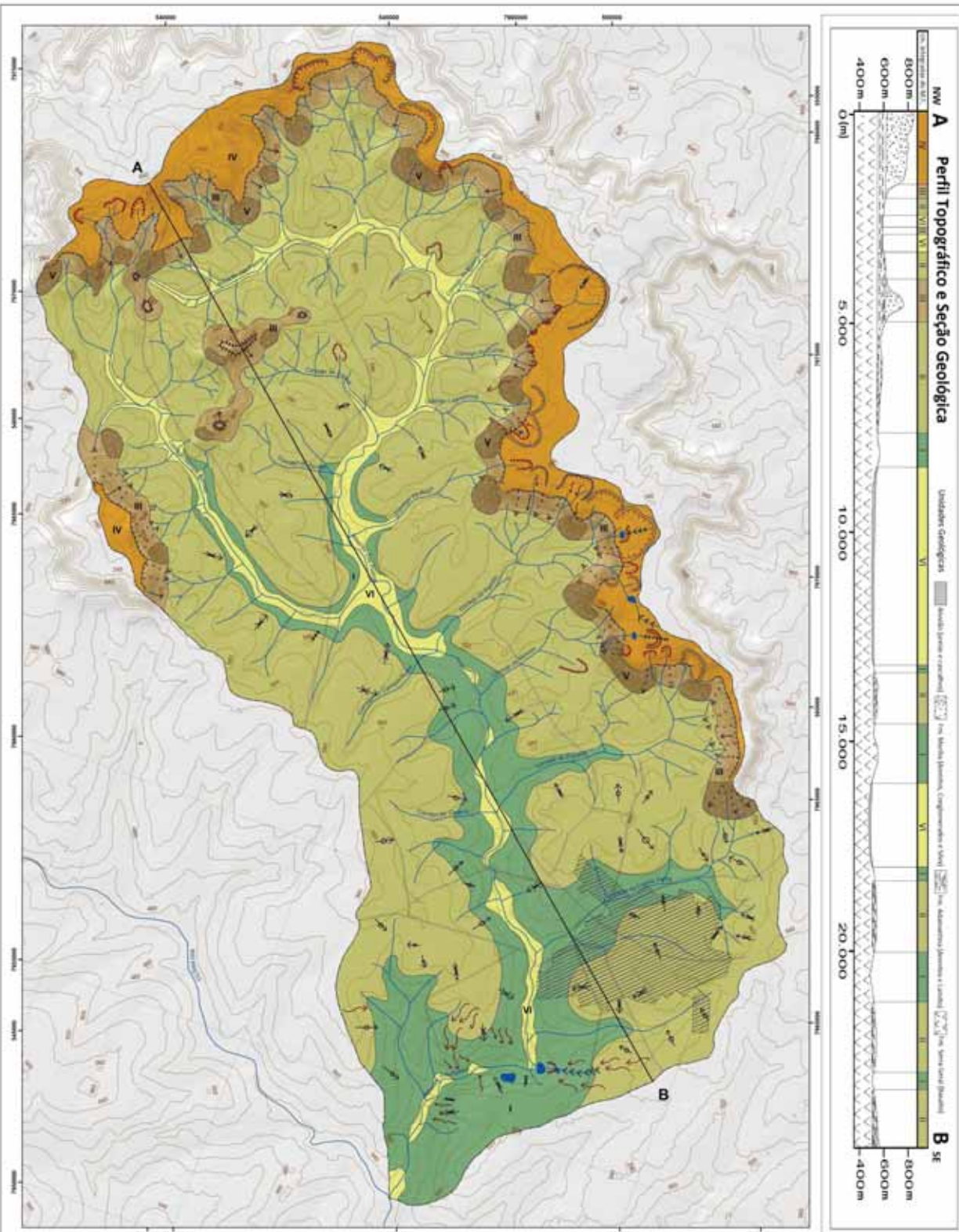
Doutoranda: Fátima S. M.
dos Santos

Orientador: José Eduardo Zaine

Rio Claro, janeiro / 2013

APÊNDICE E

Mapa de unidades de análise integrada do meio físico da bacia do ribeirão das pedras, quirinópolis (GO)



QUADRO DESCRITIVO DAS UNIDADES INTEGRADAS DO MEIO FÍSICO		
UNIDADES	CARACTERIZAÇÃO FOTOGEOLÓGICA	ANÁLISE DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS
VI - Aluviais	Terraços baixos, planos, junto às margens dos canais fluviais. Presença de drenagem com meandros abandonados. Terraços atados em fundidos.	As longas das correntes d'água a observação a presença de depósitos de assoreamento e erosão das suas margens, indicando susceptibilidade aos processos de dinâmica fluvial. Evoluções localizadas podem ser registradas em rios muito extensos.
V - Escarpas da Formação Marília	Encostas de alta a média declividade, côncavas e convexas. Presença de feições testemunhos (taludes e solos soltos). Vertentes classificadas como colinas de água e de lavagem.	Faixas de rastros e escoamento, associadas aos depósitos colunares. Erosão em forma de ravinas. Solos formados por material heterogêneo, aliado à declividade acentuada e intervenções do uso do solo, como o desmatamento levam a classificações em unidades como susceptíveis a erosão.
IV - Escarpas da Formação Marília	Topos de tabuleiros, com baixas declividades, encostas convexas e retilíneas. Ocorrência no planalto e em montes espalhados (morros testemunhos). Intensa infiltração em detrimento do escoamento superficial (baixa densidade textural).	Erosão linear acelerada. Sulcos, ravinas e boçorocas de grande magnitude. Solos pouco comuns, classificados como colapso.
III - Escarpas da Formação Marília	Encostas escarpadas retilíneas de alta declividade. Alta densidade de drenagem (predomínio de escoamento superficial concentrado) solo raso. Amplitude de relevo maior que 200m.	Movimentos de massa - queda de blocos e escorregamentos. Erosão das vertentes: sulcos e ravinas. Simulação caracterizada por relevos de alta energia com intensa atuação dos processos de degradação.
II - Escarpas da Formação Marília	Encostas de média a baixa declividade, convexas e com solo arenoso residual e transportado. Presença de pedregulhos enterrados em baixa erosão.	Em áreas de topo de encostas foram cadastradas, tanto em foto aérea como no campo, algumas erosões na forma de sulcos e ravinas.
I - Escarpas da Formação Marília	Áreas com baixa densidade textural, baixas declividades, encostas convexas. Drenagem com trechos retilíneos (alinhamento de drenagem). Topos extensos, perfil de alteração espesso, com presença de solo colunar acentuado.	Embora em terrenos de baixa declividade e solos derivados de basalto, algumas feições erosivas foram registradas, delimitadas por intervenções antrópicas realizadas com critérios técnicos.
0 - Área Urbana	Vertentes convexas com baixa densidade de drenagem onde predomina a infiltração de água.	



unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Rio Claro

Tese de Doutorado
ANÁLISE INTEGRADA DE PROCESSOS EROSIVOS A PARTIR DA
ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)

APÊNDICE E:
**MAPA DE UNIDADES DE ANÁLISE INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DA BACIA
DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS, QUIRINÓPOLIS (GO)**

Escala Numérica: 1:50.000

Equidistância das Curvas de Nível: 20 metros

Projeção: Universal Transversa de Mercator
Fuso: 22
Datum: South American Datum - 68
Base topográfica gerada a partir de imagens de Shuttle Radar
Topography Mission (SRTM)

Doutoranda: Fátima Sueli Marcon dos Santos
Orientador: José Eduardo Zaine
Rio Claro, janeiro / 2013