



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL - UFMS.
Programa de Pós Graduação em Geografia
Câmpus de Três Lagoas

LAÍS COELHO DO NASCIMENTO SILVA

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA SÓCIO-AMBIENTAL DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA Córrego São Roberto, Castilho-SP.**

TRÊS LAGOAS, MS

Março, 2011

Laís Coêlho do Nascimento Silva

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA SÓCIO-AMBIENTAL DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA Córrego São Roberto, Castilho-SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Geografia da Universidade Federal
do Mato Grosso do Sul, para obtenção do Título de
Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Wallace de Oliveira

TRÊS LAGOAS, MS
Março, 2011

TERMO DE APROVAÇÃO**LAÍS COELHO DO NASCIMENTO SILVA****DIAGNÓSTICO DO SISTEMA SÓCIO-AMBIENTAL DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA Córrego São Roberto, Castilho-SP.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Wallace de Oliveira
Departamento de Ciências Humanas, UFMS - câmpus de Três Lagoas.

Prof. Dr. Ailton Luchiari
Departamento de Geografia, FFLCH, USP – São Paulo.

Prof. Dr. Vítor Mateus Bacani
Departamento de Geociências, UFMS - câmpus de Aquidauana.

Suplente: Prof.Dr. Patrícia Helena Mirandola Avelino
Departamento de Ciências Humanas, UFMS - câmpus de Três Lagoas.

TRÊS LAGOAS, MS
Março, 2011

Dedico esse trabalho a minha mãe Maria Gorete e meu pai Francisco, meus exemplos e grandes heróis na vida, que contribuíram para minha formação como pessoa e por proporcionarem, com muito sacrifício e dedicação, alcançar mais esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wallace de Oliveira, como professor, por sua orientação, confiança, apoio e incentivo, contribuindo, durante os seis anos que estive na UFMS, desde minha graduação até o mestrado. Agradeço também como amigo, dando conselhos e ajudando nas horas difíceis. Meu respeito, admiração e profunda gratidão.

A todos os professores da UFMS, campus de Três Lagoas, que contribuíram de diferentes formas para minha formação acadêmica e para realização da dissertação de mestrado: Prof. Dr. André Luiz Pinto, Prof. Dr. Ailton Luchiari, Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto, Prof. Dr. Hervé Quénot, Prof. Dr. Francisco José Avelino Junior, Prof. Dr. Luiza Luciana Salvi, Prof. Dr. Patrícia Helena Mirandola, Prof. Dr. Wallace de Oliveira.

A Casa da Agricultura de Castilho, SP, em especial ao agrônomo Fabiano, que forneceu dados da sub-bacia hidrográfica estudada.

A todos os técnicos e servidores da UFMS – CPTL, que sempre foram educados e amigáveis.

A todo o pessoal do LABORAM, em especial ao Rodrigo, meu namorado, que esteve ao meu lado durante a execução deste trabalho. A todos os amigos de turma que fiz durante o mestrado: César, Edson, Eduardo, Fábio, Fernando, Hermiliano, José Felipe, Luciano, Mieceslau, Rodrigo e Valter. Vocês foram muito amigos e prestativos durante esses dois anos.

Ao secretário da Pós-graduação, Michel, aos técnicos de Laboratório César e Hermiliano, pela amizade e pelos serviços prestados, nas necessidades do dia-a-dia como mestranda.

Aos professores Dr. Ailton Luchiari e Dr. Vitor Matheus Bacani, por aceitarem participar da banca de Defesa da Dissertação de Mestrado e a Prof. Dr. Patrícia Helena Mirandola e Ailton Luchiari, pelas contribuições que deram ao trabalho durante a Qualificação.

À minha família, minha mãe Gorete, meu pai Francisco, minhas irmãs Thaís (que me acompanhou nas saídas de campo) e Tatiane, tia Bal e Maia, pelo apoio, carinho e compreensão de vocês ao longo de todos esses anos.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares, que sempre me apoiaram e por proporcionarem momentos de alegria fora da faculdade, em especial ao meu amigo Christian (*in memoriam*).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, (CAPES), pelo suporte financeiro, através da concessão de bolsa de estudos.

Agradeço a Deus, por fazer com fosse possível realizar esse sonho e finalizar mais uma etapa da minha vida, por me encorajar e continuar a prosseguir nos momentos difíceis.

RESUMO

A sucessiva tensão exercida pelo modelo econômico vigente proporcionou uma gradativa degradação ao ambiente natural, como desmatamento, diminuição da biodiversidade, degradação dos solos, assoreamento e poluição de rios entre outros. Desse modo, o conceito de desenvolvimento sustentável e planejamento ambiental têm sido discutido, visando a geração de menor impacto possível na natureza para desenvolvimento econômico do homem. Tendo em vista a necessidade do planejamento ambiental, objetivou-se com este trabalho realizar um diagnóstico sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, localizada no município de Castilho, interior do estado de São Paulo. As atividades agropecuárias, no município, correspondem como principal fonte econômica, despontando a pecuária e a cana-de-açúcar, como principais responsáveis na produção agrícola. Na sub-bacia hidrográfica, o pasto e a cana também são predominantes como usos do solo, em detrimento da vegetação arbórea, indicando a ausência de APPs nas nascentes e ao longo dos cursos d'água. Através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, além de bibliografia pertinente ao tema, chegou-se ao resultado de que as condições físicas naturais da sub-bacia correspondem, em sua maioria, favoráveis as técnicas agrícolas, desde que executadas práticas conservacionistas de manejo. Elencadas todas as fragilidades e potencialidades que a área possui, seja de ordem natural ou antrópica, foram possíveis propor medidas para conservação e/ou recuperação de áreas modificadas na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, visto que a boa utilização das terras agrícolas proporciona um melhor rendimento econômico ao município.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, geoprocessamento, bacia hidrográfica, planejamento ambiental e desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The successive tension exerted by the current economic model, provided a gradual degradation of the natural environment such as deforestation, declining biodiversity, land degradation and pollution, silting of rivers among others. Thus, the concept of sustainable development and environmental planning has been discussed, aiming to generate less impact possible in nature to human economic development. In view of the need for environmental planning, sought with this work to accomplish a socio-environmental diagnosis of sub-basin Córrego São Roberto, located in the municipality of Castilho, São Paulo State. Farming activities in the municipality, correspond to primary source, featuring livestock and sugar cane, as primary responsibility in agricultural production. In the Sub-basin, grazing and sugarcane are also higher prevalence as land use, to the detriment of arboreal vegetation, indicating the absence of APPs in springs and along the watercourses. By remote sensing and geoprocessing, and relevant to the subject bibliography, came to the result that the natural physical conditions sub-basin, correspond for the most favourable agricultural techniques, provided that conservation stewardship practices performed. Listed all weaknesses and potentialities that the area has, either natural or anthropic order, it was possible to propose measures for the conservation and/or restoration of areas changed in the sub-basin Córrego São Roberto, since the proper use of farmland provide a better economic income to the municipality.

Keywords: remote sensing, geoprocessing, watershed, environmental planning and sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.	17
Figura 2: Geologia da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	23
Figura 3: Geomorfologia da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	25
Figura 4: Solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	28
Figura 5: Localização da sub-bacia hidrográfica nas cartas topográficas.	53
Figura 6: Exemplo de vetorização dos cursos d'água e mapa de distâncias das áreas de APP 30 e 50 metros.	58
Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em 1989, 1997 e 2009.	63
Figura 8: Classificação da drenagem da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	66
Figura 9: Perfis Topográficos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	69
Figura 10: Perfil Longitudinal da sub-bacia Córrego São Roberto.	70
Figura 11: Perfil Transversal da foz da sub-bacia Córrego São Roberto.	70
Figura 12: Perfil Transversal da nascente da sub-bacia Córrego São Roberto.	71
Figura 13: Uso e ocupação do solo nas áreas de APP da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto .	74
Figura 14: Declividade da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	76
Figura 15: Mapa hipsométrico da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	81
Figura 16: Localização das Estações Pluviométricas.	85
Figura 17: Pluviosidade Média Mensal.	87
Figura 18: Desvio Médio de precipitação nas estações pluviométricas da região	89
Figura 19: Mapa de Potencial de Erosão da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	90
Figura 20: Áreas com baixo risco à erosão.	91
Figura 21: Áreas com médio risco à erosão.	93
Figura 22: Áreas com alto risco à erosão.	94
Figura 23: Áreas com risco muito alto à erosão.	95
Figura 24: Processos erosivos na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: <i>Distribuição de habitantes do município de Castilho – SP ao longo das últimas décadas.</i>	19
Tabela 2: <i>Características das propriedades rurais do município de Castilho, SP.</i>	20
Tabela 3: <i>Área Cultivada no Município de Castilho, 2007/08.</i>	20
Tabela 4: <i>Classes de uso do solo no município de Castilho, SP em 2007/2008.</i>	21
Tabela 5 – <i>Correlação entre classes de declividade e relevo.</i>	46
Tabela 6: <i>Vulnerabilidade ambiental à categoria Declividade.</i>	47
Tabela 7: <i>Tipos de solos na sub - bacia hidrográfica Córrego São Roberto.</i>	49
Tabela 8: <i>Vulnerabilidade ambiental da categoria Solos.</i>	49
Tabela 9: <i>Vulnerabilidade ambiental à categoria Uso e ocupação do solo.</i>	50
Tabela 10: <i>Vulnerabilidade ambiental à categoria Pluviosidade.</i>	51
Tabela 11: <i>Materiais Utilizados.</i>	52
Tabela 12: <i>Ocupação total e percentual de uso do solo da sub-bacia Córrego São Roberto nos anos de 1989, 1997 e 2009.</i>	62
Tabela 13: <i>Ocupação total e percentual de uso do solo nas áreas de preservação permanente das nascentes e matas ciliares da sub-bacia Córrego São Roberto em 2009.</i>	72
Tabela 14: <i>Classes de declividade e respectiva área em km² na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.</i>	75
Tabela 15: <i>Tabulação cruzada entre classes de declividade e classes de uso e ocupação do solo em 2009, na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.</i>	77
Tabela 16: <i>Tipos de solo e respectiva área em km² na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.</i>	78
Tabela 17: <i>Tabulação cruzada entre classes de uso e ocupação do solo em 2009 e tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².</i>	78
Tabela 18: <i>Tabulação cruzada entre classes de declividade e tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².</i>	78
Tabela 19: <i>Classes hipsométricas e respectiva área em km² e % na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.</i>	82
Tabela 20: <i>Tabulação cruzada entre classes de uso e ocupação do solo em 2009 e classes hipsométricas da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².</i>	82
Tabela 21: <i>Postos de dados pluviométricos na região de Castilho, SP.</i>	83
Tabela 22: <i>Área das classes de vulnerabilidade à erosão do solo.</i>	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: <i>Tarefas em planejamento por meio de SIGs.</i>	35
Quadro 2: <i>Classificação dos valores de densidade de drenagem e simbologia respectiva.</i> ..	41
Quadro 3: <i>Classe de sinuosidade.</i>	43
Quadro 4: <i>Descrição das classes de uso e ocupação do solo.</i>	61

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

CATI – Coordenaria de Assistência Integral

CETEC - Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LUPA – Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária

Maxver – Máxima Verossimilhança

MNT – Modelo Numérico de Terreno

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

SEMA - Secretária de Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIGRH – Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

UHE – Usina Hidrelétrica de Energia

UPA – Unidade de Produção Agropecuária

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Hipóteses.....	14
1.2 Objetivo Geral	14
1.3 Objetivos Específicos	14
1.4 Justificativa	15
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3. ASPECTO HISTÓRICO E SÓCIO ECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE CASTILHO-SP	18
4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO	22
5. BASE TEÓRICA E METODOLÓGICA DA PESQUISA	29
5.1 Geossistema e Paisagem.....	29
5.2 Bacia Hidrográfica	31
5.3 Impactos ambientais	32
5.4 Sistema de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto	34
5.5 Legislação Ambiental	36
6. METODOLOGIAS E PRÁTICAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	39
6.1 Análise morfométrica.....	39
6.2 Fragilidade Ambiental.....	44
6.2.1 Declividade	45
6.2.2 Solos.....	47
6.2.3 Cobertura vegetal	49
6.2.4 Clima.....	50
7. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS E METODOLÓGICOS.....	52
7.1 Materiais e ferramentas utilizadas	52
7.2 Processamento das Informações Digitais.....	52
7.3 Mapa de Uso e ocupação do solo	55
7.4 Mapa de Declividade	56
7.5 Mapa hipsométrico	57

7.6 Mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP).....	57
7.7 Mapa de solos	58
7.8 Tabulação Cruzada.....	58
7.9 Fragilidade Ambiental e Potencial à Erosão.	59
7.10 Edição final.....	59
7.11 Análise morfométrica.....	60
8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA Córrego São Roberto.....	61
8.1 Análise multitemporal do uso e ocupação do solo – 1989, 1997 e 2009.	61
8.2 Análise morfométrica da bacia hidrográfica Córrego São Roberto.	65
8.3 Uso e ocupação do solo nas áreas de APP 30 e 50 metros.....	72
8.4 Declividade	75
8.5 Hipsometria	80
8.6 Fragilidade Ambiental e Potencial à Erosão	83
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS.....	108

1. INTRODUÇÃO

O uso do território sempre esteve aliado às necessidades do modo de produção vigente, mas de acordo com os meios e técnicas disponíveis à época.

Segundo Santos (2006), a organização do território brasileiro passou por três fases intituladas, de meio natural, meio técnico e meio técnico científico informacional. As fases de ocupação do território designadas pelo autor mostram como a natureza aos poucos, deixa de interferir no desenvolvimento social e econômico do homem.

No meio natural não há tecnologias evoluídas, então o processo de exploração é dado pela natureza. A natureza constitui-se um meio alternativo no modo de relação e produção.

O homem escolhia da natureza suas partes ou aspectos considerados fundamentais ao exercício da vida, ou seja, a natureza oferecia possibilidades ao desenvolvimento do homem, de acordo com suas necessidades e culturas de cada região.

As técnicas e o trabalho se casavam com as dádivas da natureza, com a qual se relacionava sem outra mediação (SANTOS, 2006).

No período denominado técnico, a produção já é mantida através de máquinas. As diferenças naturais do meio natural cedem lugar às diferenças socioeconômicas.

Na terceira fase, o meio técnico científico informacional, que corresponde aos dias atuais, o interior do país se urbaniza e a modernidade se difunde. Há um esforço em unificar o território e o mercado, surgindo as relações inter-regionais e possibilitando uma maior fluidez ao território.

As técnicas ganham espaço e a natureza deixa de ser determinista para ser possibilista, ou seja, os recursos naturais constituem-se possibilidades para novas fontes de desenvolvimento, o que dá início ao deterioramento do meio ambiente.

Para que fosse possível o crescimento e desenvolvimento do país, pensou-se muito pouco nas consequências que trariam à natureza.

A sucessiva tensão exercida pelo modelo econômico proporcionou uma gradativa degradação ao ambiente natural, como desmatamento, diminuição da biodiversidade, degradação dos solos, assoreamento e poluição de rios entre outros.

Desde então os conceitos de desenvolvimento sustentável e planejamento ambiental têm sido discutidos para que ambas as partes, ou seja, homem e natureza consigam atingir um equilíbrio: o homem desenvolvendo condições favoráveis para sua vida e

manutenção, gerando um menor impacto possível na natureza e o meio físico não sendo um percalço no desenvolvimento econômico do ser humano.

Tendo em vista a necessidade do planejamento ambiental, objetivou-se com este trabalho realizar um diagnóstico sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, localizada no município de Castilho, interior do estado de São Paulo. Elencadas todas as fragilidades que a área possui, seja de ordem natural ou antrópica, é possível propor medidas para conservação e/ou recuperação de áreas degradadas.

1.1 Hipóteses

A mudança do uso e ocupação do solo de forma não planejada gerou alterações ambientais na sub-bacia e nas diferentes partes componentes do sistema ambiental estudado? Se gerou, quais?

1.2 Objetivo Geral

A partir desta indagação propomos realizar um diagnóstico do sistema sócio-ambiental da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, fazendo uma análise integrada das fragilidades, potencialidades, acertos e conflitos da área estudada.

1.3 Objetivos Específicos

Caracterizar os componentes do sistema ambiental da área de estudo: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, características climáticas e uso e ocupação do solo.

Tendo esses objetivos, propõem-se realizar uma base cartográfica da sub-bacia, por meio de mapas temáticos, fornecendo um quadro da situação ambiental atual e passada da sub-bacia.

A partir dos dados, fazer uma sistematização e interpretação sobre a situação ambiental da área de interesse e propor medidas corretivas ou atenuadoras para a sub-bacia, caso seja necessário.

1.4 Justificativa

A principal escolha da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto para estudo, é sua proximidade com o perímetro urbano.

Além disso, a sub-bacia está situada no município de Castilho, localizado no estado de São Paulo, é um município que tem atividade econômica baseada na arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS); na produção de energia da UHE (Usina Hidrelétrica) Engenheiro Souza Dias, de Jupia; na exploração do potencial turístico, que ainda é incipiente voltado somente à pesca, além da pecuária e da agricultura de subsistência.

Parte da área urbana se insere a montante sub-bacia, sendo sentido ao longo dos anos a expansão da população urbana, e conseqüentemente de sua área, aumentando a probabilidade de alterações ambientais nas funções hidrográficas da sub-bacia.

A ausência e, ou deficiência de um planejamento ambiental nas áreas urbanas e rurais gera alterações no âmbito local e regional, podendo ser notados na falta de manejo do uso do solo, falta de gestão das águas, o desmatamento desregrado entre outras práticas irregulares que além de causar danos à natureza provoca perdas econômicas e sociais.

Sendo assim, estudar as variáveis econômicas, sociais e naturais presentes numa área, permite realizar seu planejamento e exploração de forma organizada e produtiva, conforme cada região.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto está localizada na porção oeste do município de Castilho SP. Possuindo uma área aproximada de 28,87 km², tendo como coordenadas geográficas 20°52'18''S a 20°56'35''S e 51°31'3''W a 51°27'31''W.

O Município de Castilho está localizado na porção noroeste do Estado de São Paulo, região Sudeste do Brasil, possuindo uma área de aproximadamente 1063 km² com uma população de 18.006 (estimativa IBGE, 2011).

Tem como limites o estado de Mato Grosso do Sul, os municípios de Andradina-SP, Itapura-SP, Nova Independência-SP, São João do Pau D'Álho-SP e Paulicéia-SP e está compreendido entre as coordenadas geográficas: latitude 20°37'22''S a 21°10'14''S e longitude 51°25'2''W a 51°46'11''W.

As bacias hidrográficas do estado de São Paulo estão divididas segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas. As bacias hidrográficas do município de Castilho estão localizadas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº19 (UGRHI) que corresponde a bacia hidrográfica do Baixo Tietê. A UGRHI 19 inicia-se desde a barragem da Usina Mário L. Leão (Reservatório de Promissão), até o Rio Paraná, na divisa com o estado de Mato Grosso do Sul. Sua área de drenagem é de 15.471,81 km². Os cursos d'água principais são: Rio Paraná e seu afluente Ribeirão do Abrigo ou Moinho, Rio Tietê e seus afluentes Ribeirão Lajeado, Ribeirão Azul ou Aracanguá, Ribeirão Macaúbas e Ribeirão Santa Bárbara (CETEC, 1999). (Figura 1).

A sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto é afluente do Ribeirão do Moinho, que por sua vez, deságua no Rio Paraná.

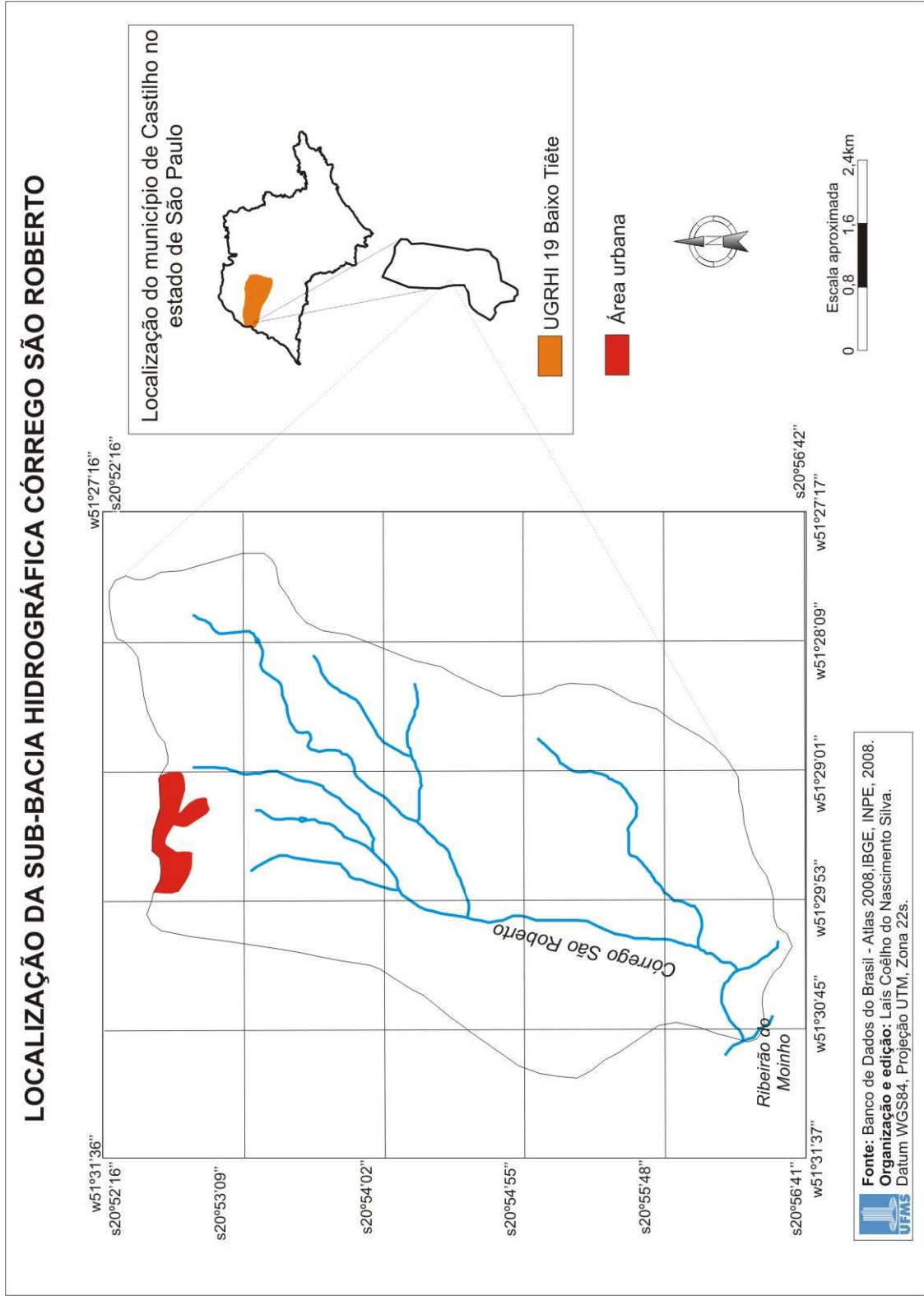


Figura 1: Localização da área de estudo.

3. ASPECTO HISTÓRICO E SÓCIO ECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE CASTILHO-SP

A formação do município de Castilho se deu quando Armel Miranda consegue um terreno através da família Ferreira Brito para formar um patrimônio, a partir daí novos povoadores se fixam na região para plantar. A região era então conhecida como Vila Cauê (LOPES, 2008).

Após a formação do patrimônio, a Estrada de Ferro Noroeste do Brasil chega a região, onde é construída a estação tendo a frente o engenheiro Alfredo Castilho. A ferrovia liga os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, transpondo o rio Paraná. A região tornou-se importante do ponto de vista comercial, pois se integrava a ferrovia com a navegação do rio Paraná (LOPES, 2008).

A estação rodoviária é inaugurada em 1937 e a região então denominada Vila Cauê, passa a se chamar Alfredo de Castilho, em homenagem ao engenheiro que implantou a estação ferroviária na área. Posteriormente o nome fica somente Castilho. Em 30 de Dezembro de 1953, Castilho se torna município e emancipa-se de Andradina (LOPES, 2008).

Como forma de subsistência da povoação, áreas eram arrendadas por proprietários de terras, onde colonos desmatavam para preparar a terra. Nos arrendamentos de Castilho eram produzidos variados produtos como banana, milho, café e principalmente arroz e algodão. Por muito tempo esse tipo de atividade agrícola assentada no trabalho dos arrendatários representou a maior fonte de desenvolvimento do município (LOPES, 2008).

Mas com o passar dos anos e o avanço do capital no campo, a economia foi sendo substituída por pastagens (LOPES, 2008).

A substituição da agricultura pela pastagem também significou o aumento da população urbana, pois segundo Lopes (2008), o aumento da área urbana se deu pela saída dos pequenos produtores rurais do campo para a cidade, devido a um intenso processo de expropriação de suas propriedades ou de seus arrendamentos.

A substituição da agricultura pela pastagem aliada a uma crise dos arrendatários, que estavam endividados com os donos das terras, significou um duro processo de expropriação da terra, em que muita gente foi vítima (LOPES, 2008).

A construção da Barragem da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias em 1966 propiciou a vinda de migrantes nordestinos para mão de obra na construção, aumentando assim a população, tanto rural como urbana entre as décadas de 60 e 70.

Na década de 80, podemos notar que a população diminuiu devido à falta de empregos oferecidos no município (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição de habitantes do município de Castilho – SP ao longo das últimas décadas.

Ano	Zona Urbana	Zona Rural	Total de habitantes
1960	3.008	10.131	13.139
1970	8.245	7.084	15.329
1980	8.078	4.168	12.246
1991	10.837	3.771	14.608
1996	12.184	3.081	12.265
2000	11.959	2.989	14.948
2007	12.026	3.967	15.993
2010*	13.592	4.414	18.006

Fonte: LOPES, 2008 e IBGE Cidades, 2010 (*estimativa).

Organização: SILVA, 2010.

O enchimento do lago do reservatório da Usina de Porto Primavera (UHE - Engenheiro Souza Mota) desapropriou populações ribeirinhas no município, sendo estas obrigadas a mudarem para a área urbana sem perspectiva de emprego.

Porém, a grande fase de desenvolvimento da comunidade iniciou-se somente por volta de 1965 com os serviços de terraplanagem e construção da Usina de Jupia, atual Engenheiro Souza Dias, integrante do complexo de Urubupungá, inaugurado em 1969. O represamento das águas do rio Paraná evitou as constantes inundações das terras cultivadas, aliando ainda, a irrigação destas, propiciando altas produções agrícolas (IBGE, 2009).

Há duas indústrias de cana de açúcar: Virálcool Açúcar e Álcool; Cosan e indústria de laticínios: Leite Suíço.

Segundo a estimativa do censo 2010 feito pelo IBGE, a população composta de 18.006 habitantes, dos quais 13.592 estão na zona urbana e 4.414 na zona rural. Esse aumento da população rural pode ser explicado pelo município possuir treze assentamentos rurais.

A economia de Castilho está, em princípio, muito vinculada à agricultura, apesar de existirem indústrias. Atividades pesqueiras e, recentemente a produção de milho dos assentamentos rurais, propiciam o turismo de eventos em determinados períodos do ano.

A Tabela 2 mostra as características da estrutura fundiária do município de Castilho, onde é possível ver que a maioria das propriedades rurais é pequena, de regime familiar, ou seja, são propriedades de subsistência.

Tabela 2: Características das propriedades rurais do município de Castilho, SP.

Grupo de Área (hectare)	Nº de UPAs
De 0,1 a 50	889
De 50 a 100	46
De 100 a 200	39
De 200 a 500	41
De 500 a 1.000	24
De 1.000 a 2.000	13
De 2.000 a 5.000	5

Fonte: Secretária da Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA. 2007/2008

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Os dados do Projeto LUPA (Levantamento Cadastral das Unidades de Produção Agropecuária) do Estado de São Paulo, levantou no ano de 2007/2008 a produção agrícola do município de Castilho. Na tabela 3 são mostrados os principais produtos agrícolas cultivados no município, o número de Unidades de Produção Agrícola, que são os estabelecimentos rurais, e a área total cultivada.

Tabela 3: Área Cultivada no Município de Castilho, 2007/08.

Cultura	Nº de UPAs	Área total cultivada (em hectares)
Braquiária	992	44.748,8
Cana-de-açúcar	201	26.376,2
Colonião	24	1.470,1
Milho	150	844,1
Feijão	21	547,7
Soja	2	523,5
Mandioca	71	119,6
Seringueira	3	115,8

Fonte: Secretária da Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Pela tabela 4, vemos que a Pastagem e a Cultura temporária, provavelmente a plantação de cana-de-açúcar são responsáveis pela maior parcela da economia agrícola, já que possuem maiores áreas plantadas. A cana-de-açúcar é explicada pela existência das Usinas de Alcool.

Tabela 4: Classes de uso do solo no município de Castilho, SP em 2007/2008.

Uso do solo	Nº de UPAs	Total em hectares
Cultura permanente	24	180,7
Cultura temporária	362	28.576,0
Pastagem	1.005	46.220,9
Reflorestamento	12	41,5
Vegetação Natural	138	6.961,5
Vegetação de brejo e várzea	150	3.242,4
Área em descanso	4	40,4
Área complementar	918	1.352,4

Fonte: Secretária da Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A incidência de pobreza no município de Castilho, em 2003, segundo o IBGE (2009) é de 34,06% e o índice de Gini é de 0,40 %, o que mostra que a renda da população tende a ser mais igualitária.

O Índice de Gini consiste em um número entre 0 e 1, onde 0 corresponde à completa igualdade de renda (onde todos têm a mesma renda) e 1 corresponde à completa desigualdade (onde uma pessoa tem toda a renda, e as demais nada têm).

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

O substrato geológico da região é composto por rochas sedimentares e vulcânicas de idade mesozóica, pertencentes a Bacia do Paraná, juntamente com formações cenozóicas, representadas por depósitos coluvionares e aluvionares antigos e recentes (CETEC, 1999), representado na Figura 2.

A formação geológica Adamantina e Santo Anastácio, presentes na área, encontram-se dentro do Grupo Bauru, que representa mais extensa seqüência sedimentar de idade cretácea da América do Sul, e é constituída de arenitos e siltitos depositados em ambiente fluvial.

O grupo Bauru é formado por rochas sedimentares: arenitos, argilitos, gnaisses, folhelhos, varvitos e tilitos. A partir desses materiais que se formaram as rochas sedimentares. Os arenitos são resultados da desintegração, transporte e decomposição dessas rochas (GALETI, 1972).

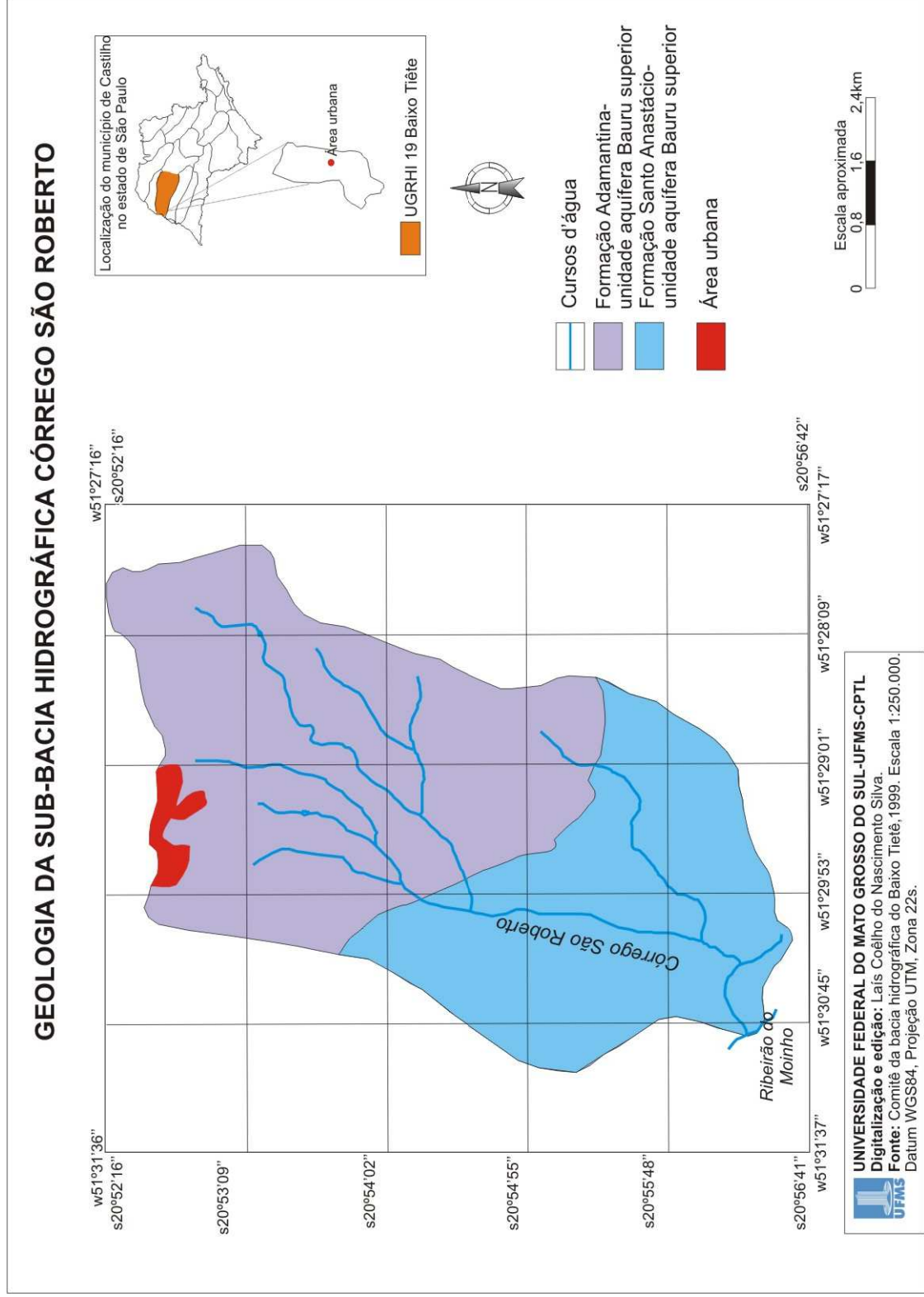


Figura 2: Geologia da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

A Formação Adamantina tem sua litologia caracterizada por arenitos finos e muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, com cores creme e vermelho. A Formação Santo Anastácio é caracterizada por arenitos médios a finos, predominantemente finos, de cor vermelho escuro.

Os recursos minerais da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê compreendem basicamente matérias primas voltada para a construção civil, tais como argila, areia, cascalho e brita. Outros recursos minerais como água mineral, argila refratária e areia de fundição, ou mesmo turfa, tendo em vista as características geológicas da região tendem a apresentar menor importância (CETEC, 1999).

Areias, cascalhos e argilas são encontrados em princípio, nas planícies aluviais dos principais cursos d'água, principalmente nos rios Paraná e Tietê, atualmente, em grande parte cobertas pelos reservatórios das barragens. Existem indicações de áreas potencialmente favoráveis para a exploração de argilas destinadas à produção de materiais cerâmicos, fora das cotas de inundação (CETEC, 1999).

As diferentes litologias, associados aos movimentos tectônicos, intemperismo e a erosão diferencial, desenvolveram ao longo de milhões de anos uma morfologia diferenciada.

Segundo a CETEC (1999) a Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê está inserida na Província Geomorfológica denominada de Planalto Ocidental.

A geomorfologia do município caracteriza-se por Colinas Amplas e Colinas Médias, ou seja, um relevo levemente ondulado com longas encostas e baixas declividades, até 15% e amplitudes locais inferiores a 100m.

Nas Colinas Amplas, predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Esse relevo condiciona drenagem de baixas densidades, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Nas colinas Médias, predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. A drenagem caracteriza-se de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Os tipos de relevo estão sujeitos ao controle estrutural das camadas sub-horizontais dos arenitos do Grupo Bauru e das rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral, no mapa geomorfológico (Figura 3) é possível ver os tipos de relevo.

Devido à concentração de chuvas e o relevo ser estável, as rochas foram e são bastante intemperizadas, ou seja há intensa ação do clima, o que propiciou a formação de solos. Os solos apresentados na área da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto são: Neossolo litólico, Argissolo, Latossolo vermelho e Solos hidromórficos, segundo a CATI (2005).

O Neossolo não apresenta horizonte B diagnóstico, pois são solos jovens ou neoformados. O horizonte A apresenta estruturado diretamente sobre o C, ou sobre a rocha consolidada. Geralmente são encontrados em relevo de encostas íngremes, onde a velocidade da erosão é igual ou maior a velocidade de transformação da rocha em solo, sua pouca formação pode ser justificada também devido a rocha ser resistente a decomposição (LEPSCH, 2002).

Os Argissolo, segundo Lepsch (2002), são solos bem intemperizados, que apresentam o horizonte B de acúmulo de argila, depositados pelo horizonte A, sendo este, portanto, menos argiloso. São freqüentemente associados aos Latossolos, por possuírem características em comum. Apresentam um horizonte E com coloração mais clara que o A e B, devido o teor de nutrientes, que é maior nos primeiros que nos segundos.

O solo que representa maior área na sub-bacia é o Latossolo vermelho. No Brasil o grupo de solos *Ferrasols* (ou Latossolos) também possui maior representação geográfica. (LEPSCH, 2002).

São predominantes as argilas do tipo caulinita, cujas partículas são revestidas por óxidos de ferro, que dá a coloração vermelha. A transição entre os horizontes é gradual, podendo ser pouco notada a diferenciação, a não ser pelo escurecimento do horizonte A, ocasionado pelo acúmulo de húmus. A granulometria também é uniforme, por não possuírem horizonte B textural, que significa que não há acúmulo de argila iluvial. Nesse horizonte, a estrutura é composta por grande quantidade de agregados pequenos e de forma arredondada, que possibilita a formação que macroporos, proporcionando alta permeabilidade à água. Possuem horizonte B latossólico, de textura média ou argilosa (LEPSCH, 2002).

Esses solos possuem intensa atuação do intemperismo, devido às altas temperaturas e chuvas abundantes. O relevo em que se encontra esses solos são na maioria relativamente estáveis, dificultando a erosão e possibilitando a ação climática (LEPSCH, 2002).

Os solos do tipo Gleissolos são desenvolvidos em materiais inconsolidados (sedimentos ou saprolito) e muito influenciados por ocorrências de encharcamento prolongados. (LEPSCH, 2002 p. 112)

As condições para formação desses solos são devidas o lençol freático estar próximo à superfície, ao menos em alguns meses do ano, deixando os poros saturados com água por muito tempo. Esse processo, quando presente matéria orgânica, diminui o oxigênio dissolvido que resulta numa redução química e a dissolução dos óxidos de ferro, que é transformado, e parcialmente removido, surgindo cores cinzentas no horizonte subsuperficial. (LEPSCH, 2002).

Na Figura 4 é representado os tipos de solos da sub-bacia.

A UGRHI do Baixo Tietê encontra-se sob influência das massas de ar Tropical Continental e Polar Ártica. O regime pluviométrico é tropical típico, com um período chuvoso, iniciando em outubro e findando em abril, e um período de estiagem, de maio a setembro, cujos totais anuais variam entre 1000 mm e 1300 mm (CETEC, 1999).

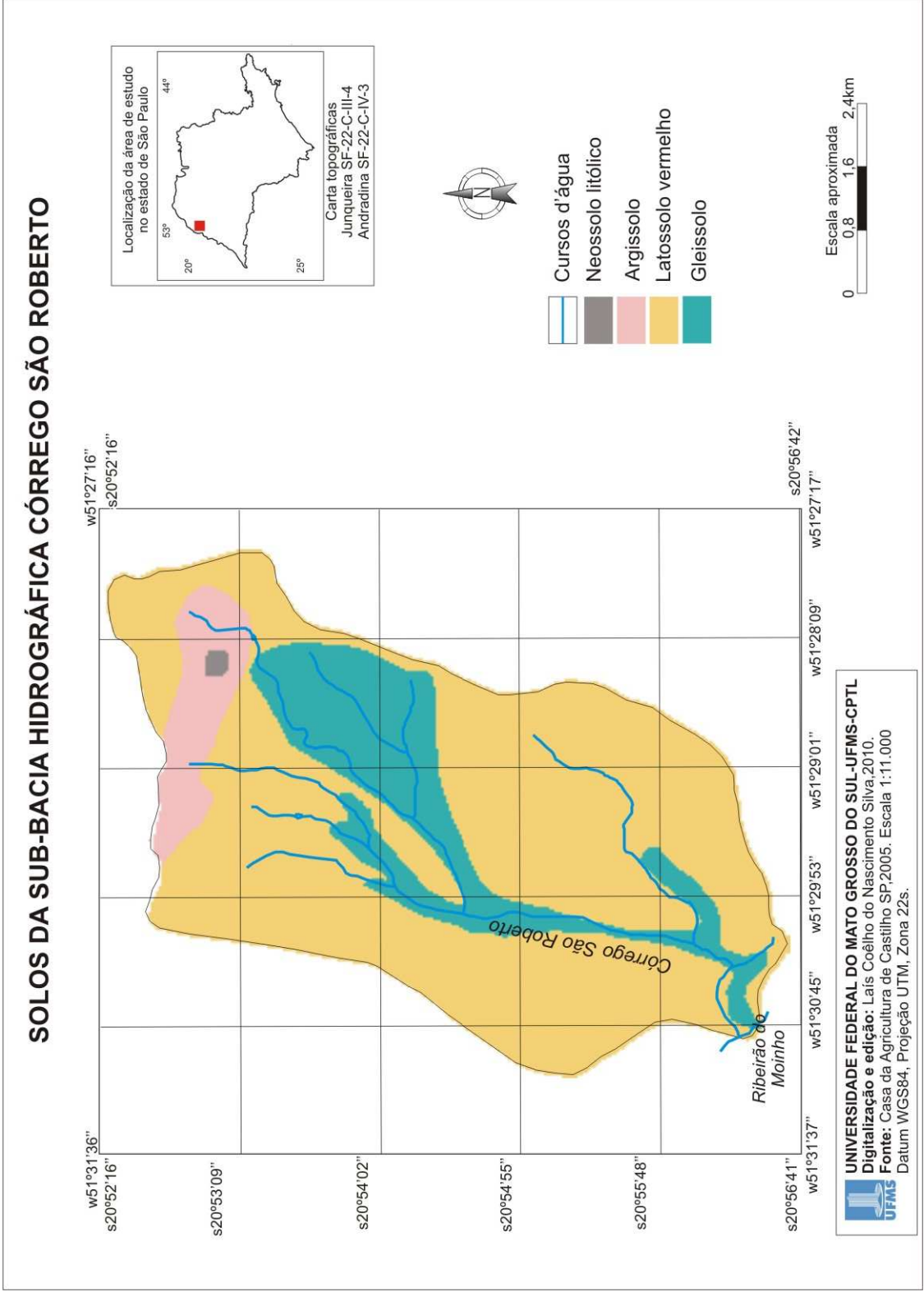


Figura 4: Solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

5. BASE TEÓRICA E METODOLÓGICA DA PESQUISA

Para realização do diagnóstico ambiental da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, utilizou-se bibliografias pertinentes ao assunto. Nesse capítulo estão apresentados alguns conceitos que servem de eixo-norteador para o presente estudo: paisagem e geossistema, bacia hidrográfica, impactos ambientais, legislação ambiental, SIG e Geoprocessamento.

5.1 Geossistema e Paisagem

Primeiramente será comentado o conceito de paisagem, por ser um conceito, dentro da geografia, importante para estudos ambientais e de difícil compreensão, sendo objeto de recorrentes discussões.

A discussão dessa categoria de análise devido a necessidade de se estudar a paisagem de forma holística e não fragmentada (pensamento reducionista), considerando a sua dinâmica e levando ao entendimento do todo de forma sistêmica (GUERRA E MARÇAL, 2006).

A paisagem consiste numa unidade de estudo integrada, em relação as atividades antrópicas e a natureza, como visto no conceito de paisagem, como evidenciado por Bertrand (1972, p. 2) é:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos dispartados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

A partir do conceito de paisagem estabelecido na geografia, Bertrand (1972 p.2) hierarquiza a paisagem em um sistema taxonômico que permite classificar as paisagens em função de escala, ou seja, em nível têmporo-espacial.

A classificação da paisagem comporta seis níveis têmporo-espaciais dentro de duas unidades. A unidade superior comporta a zona, o domínio e a região. A unidade inferior comporta as unidades inferiores: o geossistema, o geofácies e o geótopo.

O geossistema é a escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos das paisagens e que evoluem as combinações dialéticas as mais interessantes para o geógrafo (BERTRAND, 1972).

O Geossistema é uma abordagem metodológica de análise integrada tendo uma escala aproximada de alguns km². É a base para estudos de organização do espaço porque é compatível com a escala humana.

A estrutura e dinâmica do geossistema é resultado da integração entre potencial ecológico: processos climáticos, geomorfológicos e hidrológicos; a exploração biológica: o potencial biótico (da flora, da fauna e do solo) e a ação antrópica: sistema de exploração sócio econômico.

O potencial ecológico do geossistema resulta da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrologia associados a certos tipos de exploração biológica. Tal associação expressa relação entre potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo uma dinâmica interna ao geossistema.

É um complexo dinâmico e estável. Seu estado de clímax é alcançado quando há um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica.

Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado por paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

Segundo Bertrand (1972) o geossistema é um sistema complexo essencialmente dinâmico mesmo num espaço-tempo muito breve, por exemplo, de tipo histórico. O clímax está longe de ser alcançado. O potencial biológico, exploração biológica e ação antrópica são dados instáveis que variam no tempo e espaço.

A idéia inicial de geossistema trata de um conceito mais ecológico da paisagem, visto que a ação antrópica era menosprezada, e os elementos naturais sobressaíam como fatores de maior importância.

Posteriormente, Bertrand não se limita apenas ao conceito de geossistema. Menciona as relações do meio ambiente com o território e que não cabiam apenas num conceito, tendo desenvolvido um sistema tripolar, onde as relações do ambiente natural são integradas ao sistema territorial e ao cultural.

Trata-se, portanto do sistema GTP (Geossistema, Território e Paisagem). São 3 entradas: uma essencialmente naturalista, que busca compreender de modo integrado, as características e evolução do sistema bio-físico-químico; a segunda entrada é denominada de território, onde há a gestão do meio ambiente, ou seja, como os recursos naturais são

servidos para o desenvolvimento econômico do território; a terceira entrada é o cultural, que seria o conceito de paisagem, que tem conotação cultural, é o ponto de vista humano através dos conjuntos físicos (naturais) e território (econômico). (BERTRAND, 1998)

A partir da discussão do modelo GTP, o objeto de estudo do presente trabalho, situa-se na entrada Paisagem, visto que o homem utiliza o ambiente natural como fonte de recursos para desenvolvimento econômico.

Analisar o uso e ocupação do solo pelo homem para suas atividades econômicas, através dos aspectos culturais de determinada sociedade, utilizando características e elementos físicos disponíveis no espaço local, é estudar a paisagem.

Segundo Oliveira (2004), as imagens de satélite são ponto de partida para o estudo da paisagem. Sendo assim, o presente trabalho utiliza como recurso a se estudar a paisagem, as imagens de satélite para avaliar o uso e ocupação do solo ao longo dos anos, e por meio dos elementos naturais (declividade, solo, precipitação) analisar a fragilidade e potencialidade que a área oferece.

5.2 Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e sub-afluentes permanentes ou intermitentes. (SANTOS, 2004. p.85)

Bacia Hidrográfica, segundo Santana, 2003, p.6 consiste em:

[...] é uma porção geográfica delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem de um curso d'água. É uma unidade geográfica natural e seus limites foram estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais.

Em uma escala de estudo, a bacia hidrográfica pode ser interpretada sob o modelo teórico do Geossistema, pois se constitui de uma paisagem nítida e bem circunscrita que se pode, por exemplo, identificar instantaneamente nas fotografias aéreas (BERTRAND, 1972, p.9).

A bacia hidrográfica é a unidade de planejamento escolhida, pois, conforme Santos (2004), a bacia hidrográfica é uma unidade de planejamento de aceitação universal. É

uma unidade onde os fenômenos de interações podem ser entendidos facilmente, pois são unidades geográficas onde os recursos naturais se integram.

Segundo Santos (2004, p.85) todo evento ocorrido no âmbito de uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade e qualidade dos cursos d'água.

Ainda sobre a escolha da unidade de planejamento, Guerra e Cunha (1998), comentam que a bacia hidrográfica é uma unidade integradora dos setores que compõem a paisagem (naturais e sociais) e deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados.

As bacias hidrográficas também têm grande importância na recuperação de áreas degradadas, até porque todos os danos ambientais que ocorrem estão situados nas bacias hidrográficas. Nesse sentido, é preciso conhecer a sua formação, constituição e dinâmica, para que as obras de recuperação não sejam apenas temporárias e sem grande eficácia (GUERRA, 2003).

Como já dito, as bacias de drenagem possuem papel importante na paisagem, pois são seus modeladores. Por causas naturais ou principalmente por fatores antrópicos, o desequilíbrio das bacias tem-se acentuado gradativamente.

5.3 Impactos ambientais

Impacto ambiental, segundo Coelho (2006) é o processo de mudanças sociais e ecológicas causadas por perturbações no ambiente.

Os impactos ambientais são sentidos de forma diferentes, de acordo com as características locais e regionais, físicas e biológicas; por exemplo, um grupo humano que possui tecnologias mais amenas, que estão adaptadas as condições e ritmos da natureza pouco agressiva de um determinado lugar, gera menos impacto, devido às condições e atributos da territorialidade regional (AB'SABER, 1994, p.32).

As comunidades urbanas, inseridas num território urbano-industrial e as comunidades rurais, fixadas num território modificado pelo agrossistema, agrediram a natureza em grandes extensões do território (AB'SABER, 1994).

Segundo Ab'Saber (1994) os impactos rurais são decorrentes do desmatamento de florestas e cerrados, sendo estes, organizados em mosaicos regionais, de

efeitos drásticos e muitas vezes irreversíveis. A maioria dos ciclos econômicos para desenvolvimento da população rural degradou a natureza vegetal e animal, pois era necessária a supressão de florestas para plantações de diversas culturas, além do uso de agrotóxicos que resulta no envenenamento das terras e das águas sub-superficiais nas áreas preparadas para cultivos.

Os impactos urbanos estão ligados, na maioria das vezes, a enchentes e desmoronamento devido a ocupações em lugares impróprios, que está relacionado, geralmente, a população menos abastada. Devido a desvalorização de espaço próximos a leitos de rios, indústrias, encostas de morros, a população mais carente se aglomera, sendo mais susceptível a desastres ambientais (COELHO, 2006).

Ross (1993, p.1) diz sobre os impactos decorrentes dos processos antrópicos na natureza:

A crescente industrialização concentrada em cidades, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias-primas como o carvão mineral, petróleo, recursos hídricos, minérios, tem alterado de modo irreversível o cenário da terra e levado com frequência a processos degenerativos profundos na natureza.

De acordo com Coelho (2006), os impactos ambientais agem de forma conjunta das condições sociais e ecológicas, sendo estimulado pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. Ele é ainda capaz de reestruturar o espaço, pois imprime transformações no tempo que incidem diferencialmente, alterando as classes sociais.

Cunico (2007) salienta a necessidade de investigação e compreensão dos processos de interação das diferentes variáveis do meio, buscando uma articulação entre eles, conseqüentemente amplia-se a possibilidade de decisões e ações.

O conceito de paisagem integra os estudos de impactos ambiental, quanto ao processo de integração dos elementos da paisagem para se pensar num planejamento de áreas alteradas. Coelho (2006), diz que os estudos de impacto ambiental não se limitam a um número reduzido de variáveis, de idéias, informações ou teorias, mas sim, a visão de vários modos ou níveis, aos quais corresponde cada um dos ângulos de análise efetuada.

5.4 Sistema de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

De maneira bem simples, Santos (2004) diz que o processo de planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que você está, onde deseja chegar e qual o melhor caminho para chegar lá.

O SIG é uma ferramenta eficiente na realização de planejamento.

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de softwares, métodos, dados e usuários integrados, possibilitando o desenvolvimento de uma aplicação capaz de coletar, armazenar e processar dados georreferenciados. A utilização de SIG tomou uma proporção muito grande sendo possível melhorar o gerenciamento de informações e evoluir nos processos de tomada de decisão, nas áreas de transporte, proteção ambiental, planejamento municipal, estadual e federal. (CÂMARA e DAVIS, 2008, p. 1).

De acordo com Santos (2004), os SIGs possuem três requisitos essenciais ao planejamento: a eficiência, pois possuem facilidade de acesso e manipulação de grande volume de dados; a integridade, pelo controle de acesso por múltiplos usuários e a persistência, por ter a manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem os dados e sua possível revisão.

O Quadro 1 mostra algumas tarefas úteis para planejamento ambiental que podem ser realizadas por meio de SIG.

Quadro 1: Tarefas em planejamento por meio de SIGs.

Tarefas em Planejamento	Exemplos de funções atribuídas ao SIG
Avaliar os elementos que compõem o meio	Espacializar dados temáticos; Representar e gerar classificações; Expressar, espacialmente, processos físicos, biológicos e populacionais, Definir estabilidade de encostas.
Analisar fatos dentro de uma abrangência temporal	Representar a história e as mudanças produzidas pelo homem; Avaliar causas e conseqüências históricas de ações específicas, como desmatamentos; Representar a evolução ou expansão de fenômenos; Mapear as perdas territoriais por tipos de uso ou produção, Mapear vocações territoriais e impactos ambientais temporais.
Relacionar fatos	Cruzar informações politemáticas com produção de mapas-síntese; Avaliar a dinâmica do uso da terra em relação a outros temas, como plantio em relação ao clima, solo e declividade.
Elaborar prognósticos	Determinar possíveis causas de impactos e prever futuras conseqüências ambientais; Calcular qualidade dos recursos naturais por meio de expressões matemáticas, bem como as relações entre qualidades, Representar cenários futuros.
Definir zonas ou territórios	Zonear territórios de acordo com regras pré-estabelecidas; Identificar e selecionar áreas, como de proteção, de refúgios, de habitat exclusivos ou de vista, aprazível para lazer, Simular rotas ou percursos adequados dentro de uma região.
Elaborar alternativas de ação	Representar alternativas mitigadoras ou de resolução de conflitos; Projetar planos, como de reflorestamento; Selecionar alternativas para manejo de recursos, como o manejo de vegetação, considerando-se atributos estruturais das florestas relacionados a outros mapas, Monitorar o ambiente, como controle do fogo ou propagação de desertificação.

Fonte: Santos et al. (1998) (modificado) apud Santos (2004).

O geoprocessamento e o sensoriamento remoto são técnicas que permitem obter informações de maneira rápida através de imagens de satélite, permitindo o planejamento e exploração da área de estudo, de forma organizada e produtiva.

O sensoriamento remoto pode ser definido de uma maneira ampla, como sendo a forma de se obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra (ROSA, 1992).

Segundo, Xavier da Silva, (1997) (2007, p.19) o termo Geoprocessamento pode ser definido como:

uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana. A origem da tecnologia pode estar ligada a uma finalidade principal, porém é freqüente que aplicações correlatas se desenvolvam em função de interesses posteriores. É o caso do Geoprocessamento, originalmente (e até hoje) ligado às atividades bélicas, em associação com o Sensoriamento Remoto, para obtenção de dados ambientais atualizados, visando à execução de análises da distribuição territorial de eventos e entidades de interesse militar. Atualmente o geoprocessamento apresenta uso crescente para fins não militares.

De acordo com Câmara e Davis (2008), o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e o tratamento das informações espaciais. Ele disponibiliza ferramentas, recursos e dados para que analistas possam determinar a evolução temporal e espacial de um determinado fenômeno geográfico e sua inter-relação com outros. É uma tecnologia interdisciplinar, ou seja, qualquer especialista pode se valer dela em benefício de seu trabalho ou pesquisa. Entretanto, para utilizá-lo, é preciso que os conceitos das disciplinas sejam transformados em representações computacionais.

5.5 Legislação Ambiental

Há algumas décadas, a preocupação com a questão ambiental tem crescido, visto que os recursos naturais são finitos e as necessidades da humanidade diante dos padrões de consumo atuais, a partir de então, tem resultado no desenvolvimento de políticas públicas visando a manutenção e preservação dos recursos naturais.

Segundo Santos (2004) o homem já se preocupava com o impacto que ele gerava na natureza desde quando ele praticava apenas pesca e agricultura, pois levava em conta aspectos como topografia e microclima. Mas foram os gregos que se preocuparam mais com a questão do impacto dos centros urbanos formulando uma base teórica sobre construções de núcleos populacionais, seja do ponto de vista religioso ou estético, seja dos pontos de vista estrutural, político, econômico e social.

Mas a preocupação diminui na Europa no final do século XIX, exceto alguns estudos sobre a relação do homem com o meio, como os estudos de Darwin, por exemplo (SANTOS, 2004).

A partir da Segunda Guerra, na Europa e nos Estados Unidos, a discussão sobre planejamento foi se tornando mais relevante, discutindo conceitos econômicos como desenvolvimento e subdesenvolvimento, mas a partir da década de 1950, nos Estados Unidos, que a preocupação começou a ser analisada em torno dos impactos ambientais gerados por grandes obras estatais (SANTOS, 2004).

Mas a preocupação com o ambiente natural, no Brasil, decorre desde o período do Império, com alguns documentos encontrados acerca da preocupação com problemas ligados a impactos oriundos das ações antrópicas (SANTOS, 2004).

A partir da década de 30, essa preocupação tem caráter político, quando é criada a Constituição do Código de Águas, Código Florestal e da Lei de Proteção à Fauna (SANTOS 2004).

O Código Florestal de 1965, ainda em vigor, estabelece normas para conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP):

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura.

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais,
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

As discussões quanto à questão ambiental, teve seu marco em 1972, quando ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, que discorreu sobre a preocupação quanto aos recursos naturais e ao perigo do crescimento demográfico (SANTOS, 2004).

No Brasil, reflexos foram positivos, pois em 1973, é criada a Secretária de Meio Ambiente (SEMA), cujas medidas, a princípio, seriam de proteção aos recursos hídricos (GALLO, 2009). O trabalho da SEMA resultou na elaboração da Lei de Política Nacional de Meio Ambiente (conhecida como PNMA), a Lei nº6.938,81. Também foi instituído por essa lei o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Esses órgãos, segundo Santos (2004), estabeleceram diretrizes de avaliação de impactos, planejamento, gerenciamento e zoneamentos ambientais, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Segundo Cunico (2007) foram promulgados um conjunto de leis federais, estaduais e municipais, que agem como instrumento de regulação e normatização, com intuito de balizar as questões ambientais.

A existência de inúmeras leis, na maioria das vezes, não traduz na prática que sejam instrumentos seguidos. A falta de fiscalização e de incentivos fiscais por parte dos órgãos públicos e até mesmo da população, esta afetada igualmente por falta de conhecimento, são fatores que resultam no descumprimento e desinteresse pelas leis.

6. METODOLOGIAS E PRÁTICAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

6.1 Análise morfométrica

Segundo Back (2006) a análise morfométrica é importante para análise em estudos morfológicos, pois possibilita usar parâmetros para se obter as características principais da área de estudo, além de ser necessária para que as formas das bacias possam ser separadas, descritas quantitativamente, comparadas e também relacionadas com os processos hidrológicos da bacia hidrográfica.

Abaixo estão relacionados os índices utilizados na pesquisa, segundo a metodologia de autores diversos.

Morfologia dos canais fluviais

A morfologia dos canais é um componente fundamental do ponto de vista geológico. A morfologia dos canais fluviais é controlada por fatores autocíclicos (próprios da bacia de drenagem) e alocíclicos (que afetam não apenas a bacia de drenagem, mas toda a região que a insere, como variações climáticas e geológicas) (TEIXEIRA, 2003).

Sistema e padrão de drenagem

A resistência relativa das rochas determina o padrão de drenagem e arranjo das encostas e vales, mas os processos geomorfológicos frequentemente alteram a configuração da rocha mãe abaixo da superfície. Em consequência, pequenas bacias de drenagem são difíceis de serem mapeadas, enquanto que os cursos d'água são mais facilmente plotáveis (SOARES, 2009).

Classificação Genética

A classificação genética é analisada segundo a disposição dos rios em relação a sua altitude das camadas geológicas.

Relação de bifurcação

Segundo Christofolletti (1980), a lei do número de canais não considera nenhuma mensuração, mas ponto de origem e a confluência dos segmentos.

$$RB = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

N_i é o número de canais de ordem i ; N_{i+1} é o número de segmentos de ordem imediatamente inferior.

Razão de comprimento

Com as medidas dos comprimentos de todos os canais de cada ordem i (L_i) a razão de comprimentos é estimada por:

$$L_{mi} = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

L_i é o comprimento dos canais de ordem i .

Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (L_m)

É calculado pela razão entre a soma dos comprimentos de todos os canais de ordem i (L_i) e o número total de canais dessa ordem (N_i):

$$L_m = \frac{L_i}{N_i}$$

Relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)

Constitui-se um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas.

$$Rlb = \frac{Rlm}{Rb}$$

Rlm = índice de comprimento médio entre duas ordens subsquentes e Rb = relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subseqüentes.

Densidade de drenagem (Dd)

É a relação entre o comprimento total dos cursos d'água (Lt) de uma bacia e a sua área de drenagem. No Quadro 2 estão explícitos a classificação desses valores.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Dd é a densidade de drenagem (km/km^2); Lt é o somatório do comprimento de todos os canais e tributários da bacia (km) e A é a área da bacia.

Quadro 2: Classificação dos valores de densidade de drenagem e simbologia respectiva.

Valores da Dd(km/km^2)	Qualificação da DD	Símbolo
Menor que 0,50	Baixa	DD1
De 0,50 a 2,00	Mediana	DD2
De 2,01 a 3,50	Alta	DD3
Maior que 3,50	Muito alta	DD4

Fonte: Beltrame (1994).

A avaliação da densidade de drenagem permite conhecer o potencial da bacia e de seus setores, indicando maior ou menor escoamento superficial da água, o que conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais.

Extensão do percurso superficial (Eps)

Segundo Christofletti (1980), representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. Representa uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem.

$$Eps = \frac{1}{2Dd}$$

Dd é a densidade de drenagem (km/km^2)

Fator de forma (Kf)

Segundo Jorge e Uehara (1998), a forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido o tempo de concentração, ou seja, o tempo em que uma gota de chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia e o seu enxutório.

É calculado através da fórmula:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

A é a área da bacia, L é o comprimento do canal principal.

Coefficiente de manutenção (Cm)

Esse índice fornece a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento.

É calculado através da seguinte expressão:

$$Cm = \frac{L}{Dd} \cdot 1000$$

Cm é o coeficiente de manutenção (m²/m), Dd é a densidade de drenagem (km/km²).

Sinuosidade do curso d'água ou índice de sinuosidade (sin)

Determinada pela relação e descrito detalhadamente no Quadro 3:

$$Is = \frac{100(L - Ev)}{L}$$

Is : índice de sinuosidade (%); Ev : equivalente vetorial do rio (km); L é o comprimento do rio (km).

Quadro 3: Classe de sinuosidade.

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	Menor que 20%
II	Reto	20-29%
III	Divagante	30-39%
IV	Sinuoso	40-49,95%
V	Muito sinuoso	Maior que 50%

Fonte: Back (2006).

Declividade do rio principal

A declividade do rio principal foi determinada pelos métodos abaixo:

$$Si = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

Si é a declividade do rio principal (m/m); H_{max} e H_{min} são a altitude máxima e mínima do rio (m), respectivamente; L é o comprimento do rio principal (km).

Declividade média da bacia

A declividade média é calculada pelo método das curvas de nível em que a declividade medida da bacia é dada por:

$$Dec = \frac{\Delta cn \cdot Lcn}{A}$$

Dec é a declividade média da bacia (m/m); Δcn é a diferença de cota entre as curvas de nível (km); Lcn é o comprimento total das curvas de nível (km), A é a área da bacia.

Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal é a linha que une os pontos do seu leito, desde a nascente até à foz.

O perfil longitudinal de um rio indica sua declividade ou gradiente, constituindo-se na representação visual da relação entre a diferença total de elevação do seu

leito e a extensão horizontal (comprimento) de seu curso d'água, para os diversos pontos situados entre a nascente e a foz (JORGE E UEHARA, 1998).

Perfil Transversal

O perfil transversal mostra-nos as características do vale numa determinada secção do rio.

O perfil transversal do rio também estabelece o seu estágio de evolução. À medida que o rio se vai aproximando do seu perfil de equilíbrio, a erosão vertical ou escavamento do leito vai diminuindo e dando lugar a um alargamento do rio e um aumento da sedimentação.

6.2 Fragilidade Ambiental

Analisando de forma integrada o ambiente natural, ou seja, todos os elementos que inseridos, e, por conseguinte, se interagem, é possível fazer uma análise das possíveis fragilidades e potencialidades que esse ambiente proporciona.

Análises como essa são de grande importância, visto que, a partir desses estudos serão propostas políticas públicas adequadas para gestão do território. A partir desta questão, existem algumas propostas metodológicas para estudos de fragilidade ambiental, onde, cada qual, prioriza diferentes elementos da natureza e os pondera de acordo com a análise de cada autor.

A partir dessa relação dos elementos, dão-se peso as variáveis de acordo com as diferentes tipologias das mesmas, seguindo critérios de maior ou menor fragilidade.

A metodologia utilizada no presente estudo é a proposta por Ross (1994, apud Spörl e Ross, 2004), visto que é a mais compatível com os dados alcançados ao longo da pesquisa, devido a problemas com escalas compatíveis. Para ponderação dos dados, foi adaptada a metodologia proposta por Crepani et al, 2001.

Os elementos necessários para estudo de fragilidade são: declividade e pluviosidade (Potencial Ecológico) tipos de solos e cobertura vegetal/uso do solo (Exploração Biológica), de acordo com o modelo geossistêmico proposto por Bertrand (1972).

Segundo Spörl e Ross (2004) cada uma destas variáveis foi classificada em cinco graus diferenciados de fragilidade, conforme apresentado a seguir:

Classes de Declividade – categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5);

Solos – classe de fragilidade muito baixa (1) a muito forte (5);

Cobertura Vegetal – grau de proteção muito alto (1) a muito baixo/nulo (5);

Clima – categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5).

Combinando esses algarismos (ex: 1543, 2312, 3254...) hierarquiza-se os graus de fragilidade, onde 1111 sugerem um ambiente de baixa fragilidade e 5555 de alta fragilidade ambiental.

As variáveis utilizadas para o estudo seguem a proposta de Ross, sendo quatro variáveis necessárias para obtenção da fragilidade ambiental da área. Porém, as classes de variáveis foram adaptadas de diferentes metodologias: classes de declividade (DE BIASE, 1993 apud PINTO, L.V.A. et al 2005, p.52), classes de tipo de solo (LEPSCH, 2002), as classes de uso e ocupação (IBGE,2006) e pluviosidade (CREPANI et al, 2001). Os pesos de cada variável foram dados baseado na metodologia proposta por Crepani, et al (2001) por meio de ponderação.

As classes temáticas de uso e ocupação do solo (pasto, vegetação arbórea, cultura temporária, áreas úmidas, urbano, solo nu e corpos aquosos) foram baseadas na classificação sugerida pelo IBGE (2006).

A partir da metodologia de zoneamento ecológico-econômico ao ordenamento territorial proposto por Crepani et al (2001), adaptou-se as ponderações das variáveis de cada categoria temática.

Abaixo, é justificada a importância dos elementos de estudo da paisagem:

6.2.1 Declividade

Segundo Valeriano (2008) a declividade do terreno é um elemento de grande importância para o planejamento territorial, devido à sua estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento).

As diferentes formas de relevo são resultado de forças antagônicas, ou seja, de processos endógenos (forças tectogenéticas) e exógenos (mecanismos morfoclimáticos) (CASSETI, 1995).

Os processos endógenos são aqueles que ocorrem no interior da Terra, na crosta terrestre, onde acontecem os movimentos tectônicos.

Segundo Christofolletti (1980), os processos que geraram as vertentes endógenas se originaram no interior da Terra (orogenia, epirogênese, vulcanismo), pois cada um desses processos é responsável pela mudança na posição altimétrica e a orientação das vertentes preexistentes, podendo gerar vertentes inteiramente novas.

As vertentes exogenéticas são resultados da ação de processos existentes na superfície terrestre, ou próxima dela, sendo controlada pelos fatores externos. Os processos exógenos possuem a tendência de reduzir a paisagem, ou seja, aplainar a superfície num determinado nível de base (CHRISTOFOLLETTI, 1980). A interação desses processos formam as diferentes formas de relevo, alguns mais aplainados ou outros com declividade maior.

Segundo Crepani, et al (2001) o termo *declividade* refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte.

A declividade determinará a velocidade de escoamento das águas superficiais. Por exemplo, quando a inclinação da encosta é maior, a velocidade é mais acelerada, causando concentração de sedimentos e maior potencial à formação de ravinas e voçorocas.

A velocidade das águas determinará a capacidade de transporte de sedimentos, responsáveis pela erosão que gera as formas de relevo, predominando a morfogênese. Crepani et al (2001.p.75).

As classes de declividade utilizadas no mapa executado na área de estudo, foram estabelecidas seguindo a metodologia de De Biase (1993 apud PINTO, et al 2005, p.52), elucidada na Tabela 5.

Tabela 5: Correlação entre classes de declividade e relevo.

Classes de declividade (%)	Relevo
0-3	Várzea
3-6	Plano a suave ondulado
6-12	Suave ondulado a ondulado
12-20	Ondulado a forte ondulado
20-40	Forte ondulado a montanhoso
>40	Montanhoso

Fonte: DE BIASE (1993 apud PINTO, L.V.A. et al 2005, p.52).

De acordo com as classes de declividade propostas por De Biase, 1993 apud PINTO L.V.A. et al 2005, p.52, os pesos foram adequados para tais, conforma a Tabela 6:

Tabela 6: Vulnerabilidade ambiental à categoria Declividade.

Declividade	Vulnerabilidade
0-3	1,0
3-6	1,5
6-12	2,0
12-20	2,5
20-40	3,0

Fonte: De Biase, 1993 apud PINTO L.V.A. et al 2005, p.52, e Crepani et al,2001.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

6.2.2 Solos

Cada tipo de solo tem uma característica física diferente, com tendência maior ou menor de ser erodido. Segundo Lepsch (2002) essas características são notadamente textura, permeabilidade e profundidade.

Cada tipo de solo tem características diferentes devido a rocha intemperizada, as condições climáticas em que está inserida e a declividade do terreno. Em climas mais quentes e úmidos é favorável o desenvolvimento dos perfis do solo, além de uma topografia favorável e cobertura vegetal estável.

Segundo Crepani et al (2001), são cinco os fatores que controlam o intemperismo, o que resultará na formação dos solos, são eles: material de origem (rocha *in situ* ou fragmentos transportados), clima, vegetação, declividade e tempo.

O material de origem depende da natureza dos materiais constituintes da rocha, da estrutura e textura desse material. Segundo a Série de Goldich apud Teixeira et al, 2003, a Olivina é o mineral menos resistente ao intemperismo, pois é um mineral cristalizado a baixas temperaturas. O último mineral a cristalar-se é o Quartzo, é um mineral comum e, portanto mais resistente ao intemperismo, o que não quer dizer que em condições onde o intemperismo é mais acentuado, ele é inalterável.

O clima é o fator que mais influencia no intemperismo, pois é ele quem determina qual o tipo e qual a velocidade que o intemperismo apresentará.

Segundo Teixeira et al (2003), quanto maior a disponibilidade de água (pluviosidade total) e mais freqüente for sua renovação(distribuição das chuvas), mais completas serão as reações químicas do intemperismo.

A vegetação protege o solo contra a erosão. Quando o solo está sem cobertura vegetal, a água não infiltra no solo, ela escoar superficialmente, carreando sedimentos e abrindo caminhos para ravinas e voçorocas. O solo quando vegetado, as águas pluviais infiltram o solo, e percolam sobre os horizontes, até o lençol freático.

A declividade está associada à vegetação. Ela quem regula a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Controla a quantidade de água que infiltra no solo, que percola nos perfis do solo, e dependendo da quantidade e tempo, é suficiente para realização das reações químicas e lixiviação dos produtos solúveis (TEIXEIRA et al,2003).

Segundo Teixeira et al (2003), o tempo para intemperização da rocha depende da susceptibilidade dos constituintes minerais e do clima em que se encontra essa rocha.

Segundo Crepani et al (2001) os solos são responsáveis pelo balanço entre a morfogênese e pedogênese, pois indicam se prevaleceram processos erosivos (morfogênese) ou se prevaleceram processos de formação de solos (pedogênese).

Numa paisagem onde os processos pedogenéticos são predominantes, Crepani et al (2001), a considera como estável, pois favorecem a formação de solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos.

Na Tabela 7 podemos ver algumas características, quanto dos tipos de solo encontrados no Córrego São Roberto.

Tabela 7: Tipos de solos na sub - bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

Tipo de solo	Características
Neossolo Litólico	Baixa permeabilidade, havendo maior risco à erosão.
Argissolo	Apresenta limitação à agricultura, devido à acidez pronunciada, escassez de nutrientes e alta susceptibilidade à erosão.
Latossolo	Baixa fertilidade natural, podendo ser empregado corretivos de acidez do solo (rocha calcária moída) e adição de fertilizantes.
Gleissolo (Hidromórfico)	Boa parte serve para agricultura, retirando o excesso de água com canais de drenagem e corrigindo a acidez com calcário.

Fonte: Lepsch (2002).

Modificado e Organizado por Laís Coelho do Nascimento Silva.

Os tipos de solos foram ponderados de acordo com a proposta de Crepani et al (2001), vide tabela abaixo:

Tabela 8: Vulnerabilidade ambiental da categoria Solos.

Tipo de solo	Vulnerabilidade
Hidromórfico	3,0
Latossolo	1,0
Vermelho	
Argissolo	2,0
Neossolo Litólico	3,0

Fonte: Crepani et al (2001).

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

6.2.3 Cobertura vegetal

De acordo com Santos (2004), a cobertura vegetal é um elemento sensível as condições e tendências da paisagem reagindo de forma distinta e rápida as variações.

“A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem natural (cobertura do terreno) é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão”. (CREPANI et al, 2001, p.88).

A cobertura vegetal é a defesa da unidade de paisagem contra os efeitos dos processos modificadores das formas do relevo (erosão). A ação da cobertura vegetal, segundo

Crepani et al, 1996, se dá de diferentes formas: a) impede o impacto direto das gotas de chuva no terreno, o que provoca a desagregação das partículas do solo; b) evita a compactação do solo pela difusão do fluxo de água; c) propicia a capacidade de infiltração da água no solo; d) suporta a vida silvestre, que em razão de sua estrutura biológica propicia a porosidade e permeabilidade do solo.

A cobertura do solo retrata não só a cobertura vegetal densa, mas também a forma que é ocupada, ou seja, os elementos antrópicos que exercem pressão e alterações nos elementos naturais.

Segundo Santos (2004), é uma ponte de informações entre os elementos do meio biofísico e socioeconômico.

Na tabela 9 está exposta a ponderação das classes de uso e ocupação:

Tabela 9: Vulnerabilidade ambiental à categoria Uso e ocupação do solo.

Uso e ocupação	Vulnerabilidade
Vegetação Arbórea	1,0
Cultura temporária	3,0
Várzea	3,0
Corpos Aquosos	3,0
Área urbana	3,0
Pasto	2,8
Solo nu	2,8

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

6.2.4 Clima

“O clima controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem” (CREPANI et al, 2001.p.94).

Se uma paisagem está devidamente coberta por vegetação arbórea densa, não há problemas com erosão, pois a água da chuva infiltra no solo, mas, se pelo contrário, há ausência de vegetação, o solo está exposto a processos hídricos de erosão, pois a água não infiltra no solo, mas sim, escoar superficialmente, removendo e transportando o solo.

Segundo Lepsch (2002) há três tipos de erosão hídrica: erosão *superficial*, também chamada de *laminar*, em *sulcos* e em *voçorocas* ou *ravinas*.

A erosão laminar, ou superficial, é uniforme na remoção de uma delgada camada superior de todo o terreno.

A erosão em sulcos resulta de irregularidades na superfície do solo devido a concentração da enxurrada em determinadas áreas.

As voçorocas ou ravinas são resultados da erosão em sulcos, pois estas, quando não controlada, vão se aprofundando, chegando também até o subsolo e se transformando em voçorocas (ou boçorocas), apresentando-se como “rasgos” disseminados nas encostas (LEPSCH, 2002).

Na tabela 10, são mostrados os valores de vulnerabilidade, de acordo com a intensidade pluviométrica.

Tabela 10: Vulnerabilidade ambiental à categoria Pluviosidade.

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Crepani et al (2001).

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

7. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS E METODOLÓGICOS

7.1 Materiais e ferramentas utilizadas

Para realização deste trabalho foram utilizados: base cartográfica da área da sub-bacia Córrego São Roberto e materiais de sensoriamento remoto (imagens de satélite); equipamentos e softwares, demonstrados na Tabela 11.

Tabela 11: Materiais Utilizados.

Base Cartográfica	Carta topográfica com curvas de nível obedecendo à equidistância de 10 metros e escala 1:50.000 (IBGE, 1967): Junqueira Folha SF-22-C-III-4 Andradina Folha SF-22-C-IV-3.
Produtos de Sensoriamento Remoto	Imagens de satélite: LANDSAT TM 1989, 1997 e 2009, Bandas 3, 4, 5, órbita 223, ponto 74 30m de resolução espacial.
Softwares	- Sistema de Geoprocessamento Spring [®] 4.3.3/INPE _ “Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas”, versão 4.3.3. - Editor Gráfico Corel Draw 12.
Equipamentos	- Microcomputador AMD Athlon (tm) II X2B22 - Máquina fotográfica digital para registro Kodak - GPS (Sistema de Posicionamento Global) modelo Garmin 12.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

7.2 Processamento das Informações Digitais

As cartas topográficas oferecidas pelo IBGE, 1967 foram de grande valia, pois por meio delas foi possível delimitar a área da sub-bacia hidrográfica através das cotas topográficas, vetorizar os cursos d'água e curvas de nível para mapeamento de declividade. Na Figura 5 abaixo se encontra a localização da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto nas cartas topográficas.

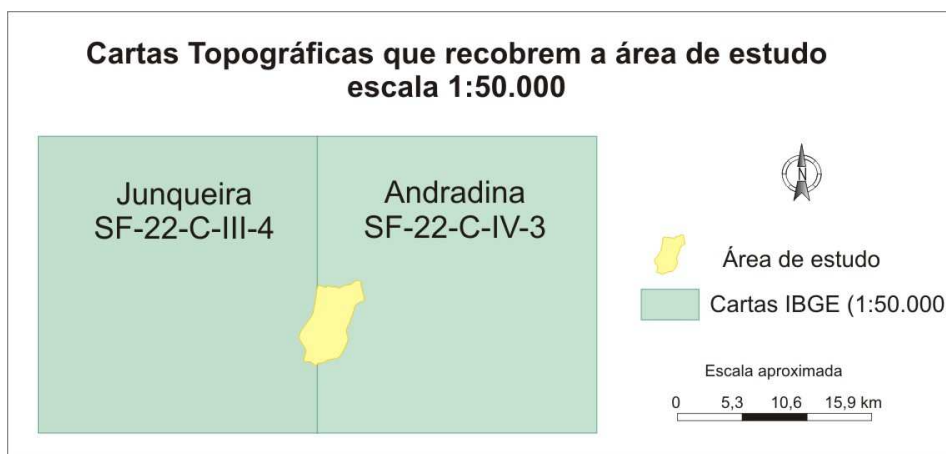


Figura 5: Localização da sub-bacia hidrográfica nas cartas topográficas.

Fonte: CUNICO (2007).

Modificado por: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Para se fazer o mapeamento multitemporal de uso e ocupação da área de estudo, utilizou-se imagens de satélite Landsat TM 5, na qual pode-se ver a modificação da paisagem ao longo dos anos. A escolha das bandas 3,4 e 5 se deu porque mostram mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde, rosa e azul.

Para o tratamento das imagens de satélite o SIG Spring[®] 4.3.3 foi escolhido, por ser disponibilizado gratuitamente pelo INPE.

Para chegar ao mapa final de uso e ocupação da área de estudo, foram feitos os passos seguintes no SIG:

1-Aquisição de Imagens

-Site do INPE (www.dpi.inpe.br)

-Catálogo de Imagens - Satélite Landsat 5- País: Brasil- Município:

Castilho- Estado: São Paulo.

-Escolha da Imagem: 11/09/1987; 17/09/1997 e 02/09/2009.

- Fornecimento de email para envio da imagem.

-Download das imagens no email.

2-Convertendo Imagens

-Descompactação das imagens que estão no formato TIF.

-No Impima 4.3.3, foram abertas as imagens TIF, selecionadas a área de estudo e salvas como GRIB.

3-Criar do Banco de Dados

- Criou-se nome para o banco de dados.
- Gerenciador Access.

4-Criar Projeto

- Criou-se nome para o projeto: Castilho
 - Clicar em Projeção –Escolheu-se o Sistema (UTM)
 - Modelo da Terra (WGS 84)
 - Origem. Zona 22
 - Executar- Fechar
 - Coordenadas geográficas da área
- Long1 o 51 48 43.00 Long2 o 51 24 46.00
- Lat1 s 21 10 30.00 Lat2 s 20 36 7.00

5-Registro de Imagem

As informações de georreferenciamento ou registro da imagem foram introduzidas com auxílio do mouse, localizando pontos de coordenadas conhecidas. Como base foi utilizado a imagem do software Google Earth.

Rosa (1992) define por registro de imagens como “[...] o processo que envolve a superposição de uma mesma cena que aparece em duas ou mais imagens distintas, de tal modo que os pontos correspondentes nestas imagens coincidam espacialmente”.

6-Realce da Imagem

- Operação Equalizar Histograma aplicado para cada canal.

O contraste foi executado, a fim de melhorar a qualidade da imagem, com opção de equalizar histograma. A partir desse contraste, foi feita a composição colorida, salva como imagem sintética b3g4r5 das imagens. A técnica de realce, de acordo com Rosa (1992),

modifica através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a análise posterior do fotointérprete.

7-Classificação

A classificação significa a associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo, ou ainda o processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns (ROSA, 1992). A classificação empregada foi a supervisionada, utilizando o método de Crescimento de Regiões com similaridade (5) e área (10).

A imagem sintética possibilitou a classificação do uso do solo na sub-bacia. As amostras de cada classe foram selecionadas para treinamento com base na interpretação visual da imagem e conhecimento da área. Após análise das amostras com base no histograma (verificação da hipótese de distribuição normal) e da matriz de confusão, a classificação da imagem foi executada por segmentação, sendo utilizado o algoritmo classificador Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99,9%.

A segmentação consiste no método em que a análise é feita sobre objetos ou segmentos da imagem e não apenas sobre pixels. A segmentação, também chamada de classificação não supervisionada, baseia-se no princípio que o sistema é capaz de identificar por si só diferentes classes que compõem a imagem (CROSTA, 1992 apud PARANHOS FILHO, 2008).

7.3 Mapa de Uso e ocupação do solo

Criou-se uma categoria temática (Modelo de dados) e Criar Nomes as classes temáticas (florestal, corpos d'água continentais, áreas úmidas, lavoura temporária, pastagem, áreas urbanizadas e solo exposto).

Para descrição e nomenclatura das classes de uso e ocupação do solo foi utilizado o Manual de Uso da Terra proposto pelo IBGE, 2006 com exceção das classes “áreas úmidas” e “solo exposto”, por não haver descrição das mesmas.

Após a classificação, foi feito o mapeamento de classes, onde foi possível quantificar o uso e ocupação do solo em cada classe. Para realização do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, foram utilizadas técnicas de Fotointerpretação e Interpretação Visual das imagens orbitais, além de saída de campo.

Os elementos para interpretação das imagens são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (FLORENZANO, 2002).

7.4 Mapa de Declividade

A análise da declividade das vertentes permite mostrar a distribuição das inclinações das superfícies do relevo, sendo esta característica muito importante na análise do uso e ocupação do solo da área, bem como fluxo torrencial de superfície e os conseqüentes processos erosivos e arrastamento de material para o curso hídrico da bacia, dentre outros (MENDONÇA, 1999).

O mapa de declividade foi realizado através do método da hipsometria, por ser o mais adequado no caso de uso e ocupação do solo, pois realiza a análise de declividade pela área da sub-bacia.

A partir da carta topográfica do IBGE (1967) foram vetorizadas as curvas de nível e os pontos cotados.

A partir das curvas de nível da área e pelos pontos cotados presente na carta foi gerada uma categoria MNT (Modelo Numérico de Terreno).

Para a representação de uma superfície real no computador, é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou uma rede (grade) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno (SPRING, 1996).

Foi executada no programa a função geração de Grade Triangular e Retangular.

Após gerar as grades, as mesmas foram fatiadas na função Fatiamento para obter um mapa temático da declividade. Esta matriz foi a base para a confecção do mapa de declividade em uma categoria temática. O Fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma Grade Retangular. Os temas da imagem temática resultante

correspondem a intervalos de valores de cotas, chamados no SPRING[®] 4.3.3 de fatias (SPRING, 1996).

O mapa de declividade é o resultado do fatiamento da matriz de declividade e, para a definição das classes, foram empregados intervalos variáveis. As classes utilizadas, como dito anteriormente, foi a proposta por De Biase (1993 apud PINTO, L.V.A. et al 2005, p.52).

7.5 Mapa hipsométrico

Através da grade regular, foi possível fazer o mapa hipsométrico, utilizando fatiamento da matriz e, para a definição das classes, foram empregados intervalos variáveis de 20 em 20 metros. A cota menor é de 280 metros e a maior encontrada na sub-bacia, 480 metros.

7.6 Mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP)

O mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP) foi feito através da drenagem vetorizada da carta topográfica.

Para determinar as áreas de APPs de curso d'água, ou seja, 30 metros ao longo dos canais de drenagem, primeiramente foram vetorizados os cursos d'água da sub-bacia através da carta topográfica e feito pontos nas áreas de nascente da mesma.

A partir dos cursos d'água, foi feito o Mapa de Distâncias seguindo as distâncias estabelecidas pelo Código Florestal de 1965, 30 metros de largura para os cursos d'água de até 10m, e 50 metros de raio para as nascentes (Figura 6).

Para se ter a área de uso e ocupação presente as áreas de APP, fez-se o recorte do Plano de Informação, com base no uso e ocupação do solo, onde é dada a Medida para cada classe de uso dentro da APP.

Essa operação é denominada *Buffer* ou *buffering*, que consiste na criação de áreas homólogas, ou zonas de amortecimento, com uma largura específica determinada pelo usuário, ao redor de feições, como linhas, pontos ou polígonos (PARANHOS FILHO, LASTORIA, TORRES, 2008).

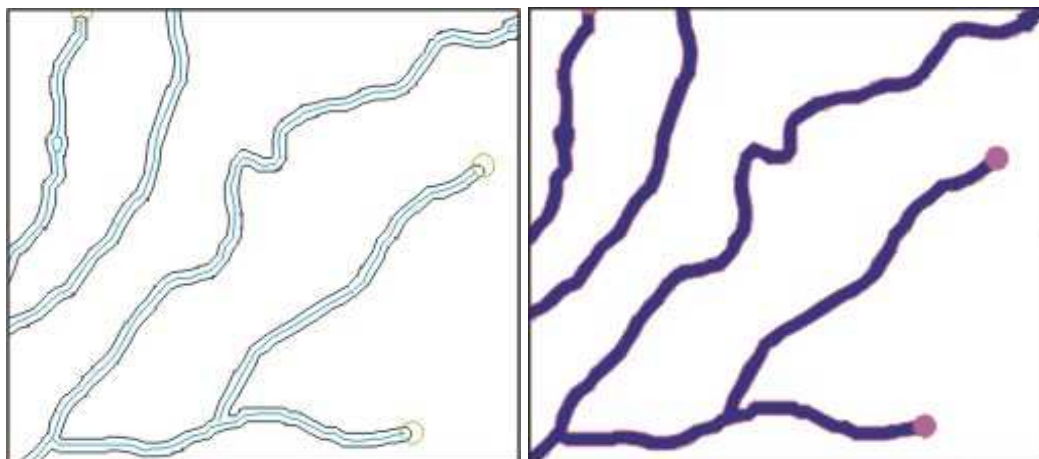


Figura 6: Exemplo de vetorização dos cursos d'água e mapa de distâncias das áreas de APP 30 e 50 metros.

Delimitando as áreas de APP, foi possível fazer um recorte no mapeamento temático de uso e ocupação do solo, e visualizar se as áreas de APP estão sendo preservadas como determinado por lei.

7.7 Mapa de solos

O mapa de solo da CATI (Casa da Agricultura do Município de Castilho, SP) (p. 30) foi escaneado e digitalizado, possuindo escala de 1:11.000.

O mapa digitalizado foi transformado em TIFF, posteriormente em GRIB, georreferenciado e classificado. O mapeamento temático foi feito, obtendo a área de cada tipo de solo.

7.8 Tabulação Cruzada

Estando todos os mapas em formato temático, é possível tabular os dados de forma cruzada, ou seja, cruzar os PIS, desde que estejam na mesma resolução.

Através dessa opção, foram tabulados de forma cruzada os dados de:

- mapa de declividade X mapa de uso e ocupação do solo em 2009;
- mapa de solos X mapa de uso e ocupação do solo em 2009;
- mapa de solos X mapa de declividade,
- mapa hipsométrico X uso e ocupação do solo em 2009.

7.9 Fragilidade Ambiental e Potencial à Erosão.

O mapa de Potencial à Erosão foi feito a partir dos mapas de declividade, uso e ocupação do solo e tipo de solos da área da sub-bacia hidrográfica, fundamentando-se na análise empírica proposta por Ross (1994 apud SPÖRL e ROSS, 2004) e Crepani, et al (2001).

Primeiramente fez-se a ponderação de cada mapa, no Suporte à Decisão (AHP) do Spring® 4.3.3, dando peso igual às três categorias de análise (declividade, tipo de solo e uso e ocupação do solo). Ao calcular o peso, é gerado um documento do Bloco de Notas e copiado para o LEGAL, onde se fez as ponderações de cada variável (ANEXO).

O arquivo gerado é em MNT, sendo necessário fazer um Fatiamento para obter-se o mapa temático.

A variável Pluviosidade não foi possível cruzá-la com as outras variáveis, devido a falta de informações em escala compatível.

Para o levantamento pluviométrico, utilizaram-se dados de 7 postos pluviométricos mantidos pela rede do SIGRH, para o período de 1990 a 2000.

Foram calculadas as médias mensais nos 11 anos e o desvio da média para tendência de chuva da região e gráficos de desvio médio padrão, sendo possível analisar períodos mais chuvosos ou de estiagem.

Essas informações foram colocadas em planilhas do Excel, sendo possível organizar os dados das estações.

7.10 Edição final

No Scarta 4.3.3, programa do Spring®, os mapas foram abertos e inseridos elementos como escala, grade, legenda e orientação do norte, para serem então exportados no formato Postscript, formato compatível com o Editor gráfico Corel Draw 12, onde o tratamento final dos mapas foi executado admitindo um melhor arranjo do layout dos mapas.

7.11 Análise morfométrica

A análise morfométrica foi feita a partir da carta topográfica e das imagens de satélite importadas e georreferenciadas no Spring[®] 4.3.3, a partir delas os índices foram relacionados por metodologias referendadas pelas bibliografias com as expressões e significados descritos posteriormente.

A sub-bacia hidrográfica foi isolada pelo delineamento dos divisores de água. O procedimento foi feito a partir das curvas de nível, desenhando uma linha divisória ortogonal às curvas e em direção aos topos mais elevados (pontos cotados), em torno do curso de água principal e seus afluentes (SANTOS, 2004).

Índices, como área e comprimento dos canais foram obtidos através de vetores feitos na imagem de satélite na opção Edição Topológica e posteriormente calculados em Operações Métricas do Spring[®] 4.3.3.

Foi criado um PI na categoria Cadastral para serem feitos os layers dos cursos de água sob a imagem, sendo posteriormente calculado o comprimento em km na opção Operações métricas.

Para o cálculo da área foi feito o layer do perímetro da sub-bacia através da carta topográfica.

8. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA CÓRREGO SÃO ROBERTO

8.1 Análise multitemporal do uso e ocupação do solo – 1989, 1997 e 2009.

Para mapeamento do uso e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto foram identificadas sete categorias ao longo dos 20 anos de estudo (1989, 1997 e 2009). As classes identificadas foram: florestal, corpos d'água continentais, áreas úmidas, lavoura temporária, pastagem, áreas urbanizadas e solo exposto.

No Quadro 4 está relacionada a descrição das classes de uso e ocupação do solo:

Quadro 4: Descrição das classes de uso e ocupação do solo

Florestal	Consideram-se como florestais as formações arbóreas, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa (estrutura florestal com cobertura superior contínua), de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu, palmeira ou sororoca), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio) além da Floresta Ombrófila Mista (estrutura florestal que compreende a área de distribuição natural da <i>Araucária angustifolia</i> , elemento marcante nos estratos superiores, que geralmente forma cobertura contínua).
Corpos d'água continentais	Referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.
Áreas úmidas	são áreas que representam o leito maior do rio, sendo ocupados pelas águas sazonalmente, durante as cheias, e dependendo do período que é alagada é possível haver fixação de vegetação.
Lavoura temporária	Cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio. Dentre as culturas destacam-se a de cereais, tubérculos e hortaliças. Inclui ainda as plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte, que muitas vezes são cultivadas em estruturas como estufas, ripados e telados. As lavouras semipermanentes como a cana-de-açúcar e a mandioca, bem como as culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte, também estão incluídas nessa categoria.
Pastagem	Áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Nessas áreas o solo está coberto por vegetação de gramíneas ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros.

Áreas Urbanizadas	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas. As áreas urbanizadas podem ser contínuas, onde as áreas não-lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam superfícies mais significativas.
Solo exposto	

Fonte: IBGE, 2006, Cunha (1998),

Adaptação e organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

O uso e ocupação do solo na sub-bacia ao longo de 20 anos, é caracterizado por poucas mudanças. A Tabela 12 e a Figura 7 mostram a evolução das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 1989, 1997 e 2009.

Tabela 12: Ocupação total e percentual de uso do solo da sub-bacia Córrego São Roberto nos anos de 1989, 1997 e 2009.

Classes de uso e ocupação	1989		1997		2009	
	(km²)	(%)	(km²)	(%)	(km²)	(%)
Florestal	3,2994	11,43	2,9232	10,13	2,1042	7,38
Corpos d'água continentais	0,0738	0,26	0,1161	0,41	0,0828	0,27
Áreas úmidas	0,5904	2,05	0,6894	2,38	1,9359	6,68
Cultura temporária	1,6947	5,86	0,6273	2,18	3,4002	11,78
Pastagem	20,9214	72,46	21,5928	74,78	19,5246	67,62
Áreas Urbanizadas	0,1125	0,38	0,2853	0,99	0,3699	1,24
Solo exposto	2,1807	7,55	2,6387	9,13	1,4553	5,03
Total	28,8729	100,00	28,8729	100,00	28,8729	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA CÓRREGO SÃO ROBERTO: 1989, 1997 E 2009.

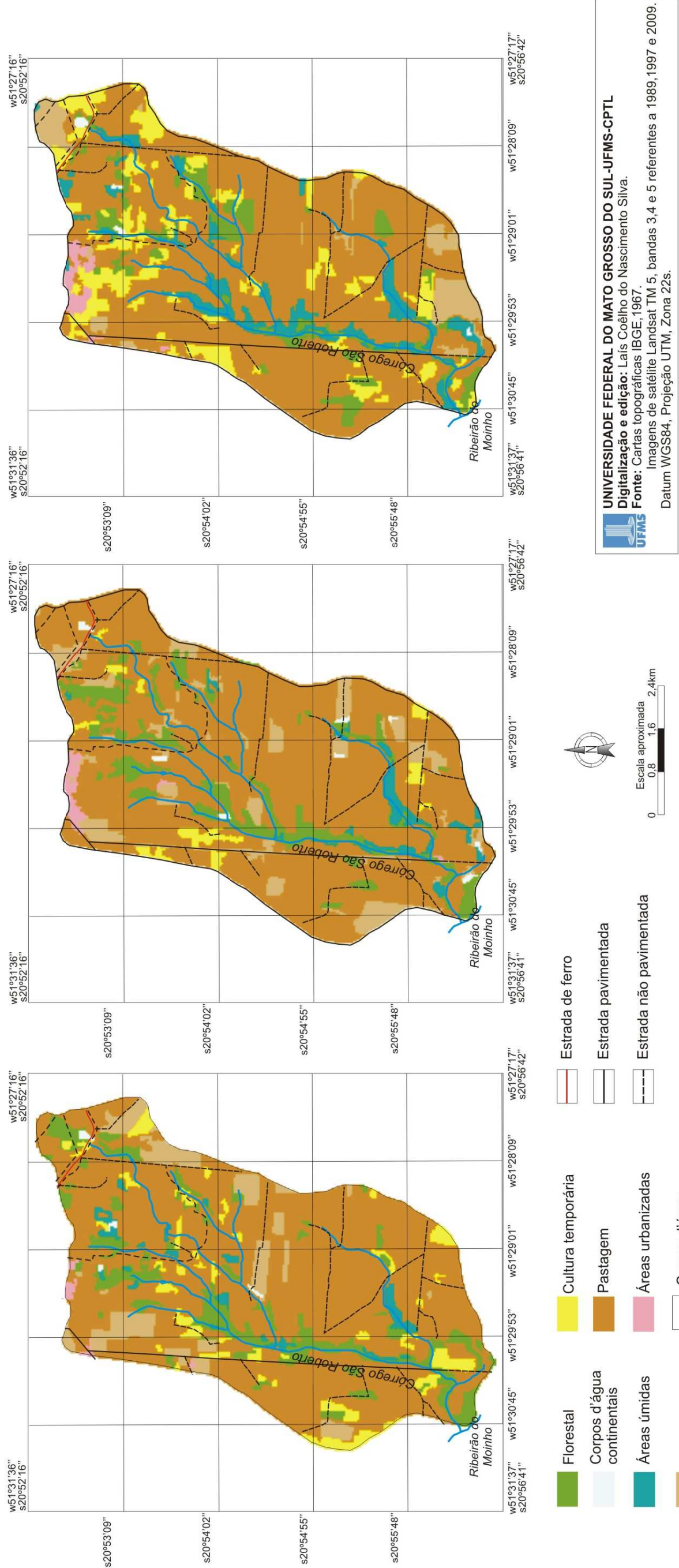


Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em 1989, 1997 e 2009.

A pastagem é predominante na sub-bacia hidrográfica em todos os anos, em 1989 representa 72,46%, em 1997, 74,78% e em 2009 ocupa uma área de 67,62%.

A classe florestal no ano de 1989 representa 11,43%, em 1997 diminui para 10,13% e em 2009 diminui para 7,38%.

A cultura temporária, que representa cana de açúcar, em 1989, era de 5,86%, em 1997 houve um decréscimo, para 2,18%, possivelmente cedeu áreas para o pasto ou para solo exposto, que no ano aumentou. Em 2009, houve um aumento para 11,78%.

A classe de solo exposto, que representa áreas que estão sendo preparadas para o plantio, em 1989 representava 7,55%, aumentando em 1997 para 9,13% em 2009 diminui para 5,03%, provavelmente essa área cedeu lugar para a cana de açúcar.

Os corpos d'água que em 1989 ocupava uma área de 0,28%, em 1997 aumentam para 0,46% e diminuem novamente em 2009 para 0,27%. Essas áreas podem ter sido minimizadas devido ao assoreamento do canal.

As áreas úmidas aumentaram de 2,05% em 1989, 2,38% em 1997 e 6,68% em 2009. Pode se explicar esse aumento a uma maior quantidade de chuva no período, ou a diminuição da classe florestal, onde agora o pasto fica úmido.

A parte das áreas urbanizadas presente no perímetro da sub-bacia hidrográfica aumentou, de 0,38% em 1989 para 1,24% em 2009. Apesar da inserção da área urbana na sub-bacia hidrográfica, esta é pouco afetada por impactos de ordem urbana até o ano estudado. Porém, como visto, a área urbana cresce ao longo dos anos, sendo necessário, futuramente, se fazer um planejamento adequado para se evitar que as áreas de nascentes dos cursos d'água sejam ocupadas.

As práticas agrícolas, segundo Morgan (1984 apud GUERRA, 1998), reduzem a cobertura vegetal dos solos, deixando, certos tipos de solos, mais sensíveis à erosão, pois o impacto da chuva é maior quando há menor resistência dos agregados, consequência da diminuição da matéria orgânica no solo.

8.2 Análise morfométrica da bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

A área da bacia hidrográfica do Córrego São Roberto medida pelo Spring ® 4.3.3 foi de 28,87 km².

Analisando a configuração do **sistema de drenagem** pode-se classificar o Córrego São Roberto como *endorreicas*, pois a drenagem é interna e não possuem escoamento até o mar (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O padrão de drenagem é considerado dendrítico, sendo que o arranjo da drenagem se assemelha à distribuição dos galhos de uma árvore. Este padrão desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais (GUERRA e CUNHA, 1998), também ocorrem em terras altas nas quais o regolito e a rocha mãe oferecem uma resistência relativamente uniforme à erosão. Segundo Christofolletti (1980), para bacias normais a **razão de comprimento** (Rl) apresenta-se na faixa de 1,5 a 3,5. O índice apresentado na sub-bacia é considerado baixo, pois varia de 0,18 a 1,53.

A área de estudo, se referindo a proposta de Horton apud Christofolletti (1980), tem-se o canal principal da bacia hidrográfica do Córrego São Roberto de 4ª ordem, conseqüentemente seus tributários são de 3ª, 2ª e 1ª ordem (Figura 8).

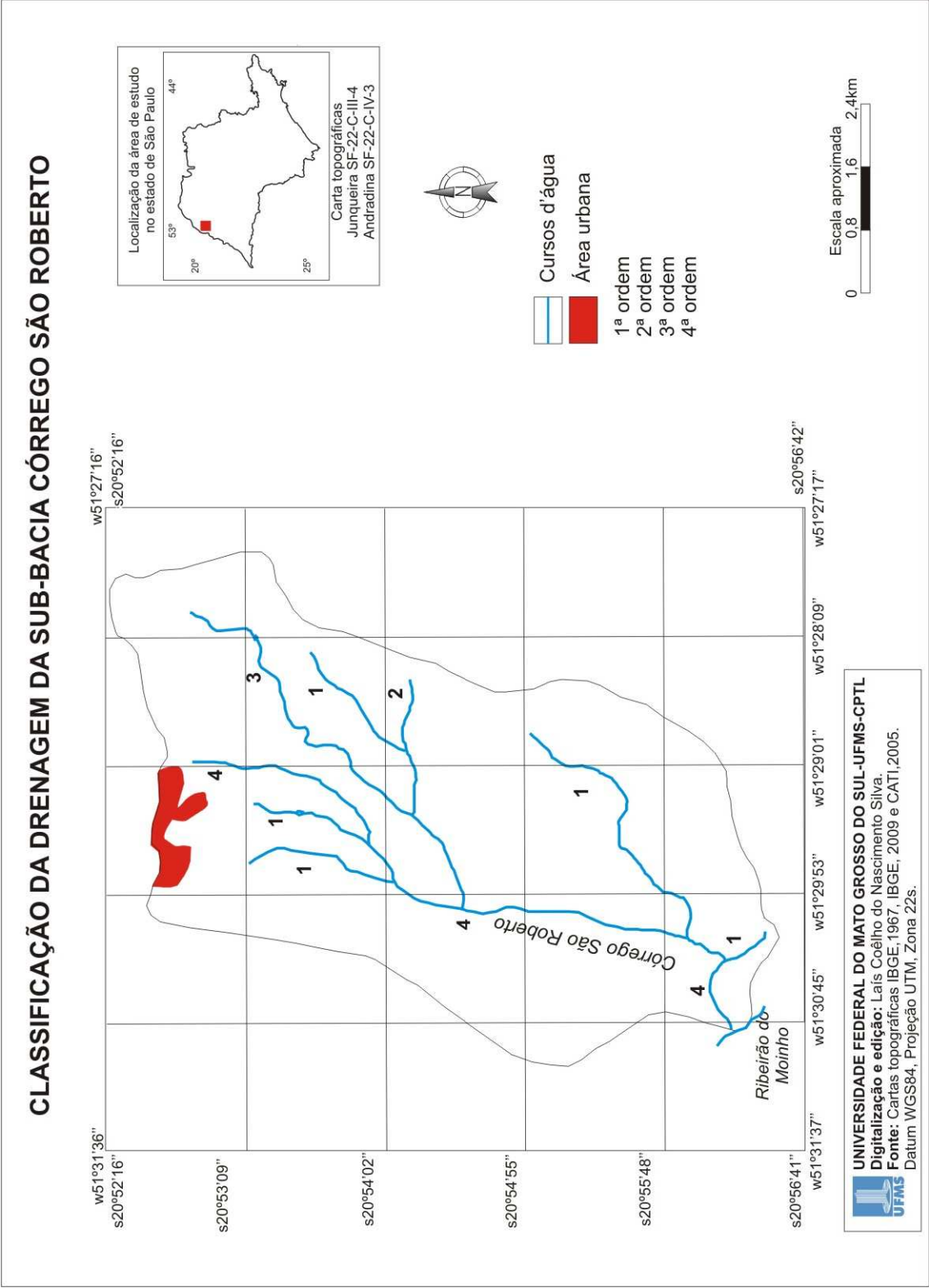


Figura 8: Classificação da drenagem da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

O **comprimento médio de canais** (Lm) variou de 1,83 km para canais de 1ª ordem, até 8,22 km para os canais de 4ª ordem. A média da relação entre comprimento médio dos canais é de 4,28. A relação entre o comprimento médio e o índice de bifurcação é diferente, ou seja, o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais, pois são os fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau de desenvolvimento da drenagem em determinada bacia. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Back (2006), a **densidade de drenagem** indica grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. O valor de densidade de drenagem encontrado é 0,84 km/km², segundo Vilela e Matos, 1975 e GAPLAN 1986, apud Beltrame, 1994 a classificação do valor de densidade de drenagem encontrado é mediano, pois se situa entre 0,50 a 2,00, ou seja, a bacia tem média velocidade de resposta hidrológica.

De acordo com Castro e Carvalho, 2009 valores baixos indicam que a região é mais favorável a infiltração contribuindo com o lençol freático.

O valor de **extensão de percurso superficial** alcançado é de 0,59 km. Este índice representa em média a distância que o volume precipitado, através do escoamento superficial percorre do interflúvio até o canal permanente (CHRISTOFOLETTI 1980). No geral, as águas percorrem em média 590 m entre o interflúvio e o canal.

As águas precisam percorrer superficialmente em média 59 m entre o interflúvio e o canal, torna-se necessário, nesse percurso, atenção à cobertura do solo, pois podem surgir ravinas e até voçorocas.

A **densidade de rios** (Dr) é de 0,27, ou seja, 0,27 nascentes por km². Segundo Christofolletti (1980) o valor de densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, ou seja, a capacidade de gerar novos cursos de água. O índice encontrado é muito baixo, indicando que o escoamento superficial se processa de maneira pouco intensa, conseqüentemente possui fraca tendência para fontes geradoras de novos cursos d'água (FELTRAN FILHO e LIMA, 2007).

Segundo Jorge e Uehara (1998), a **forma** superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido o tempo de concentração, ou seja, o tempo em que uma gota de chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia e o seu enxutório.

O **fator de forma** obtido de 4,37km/km² revela uma bacia estreita e alongada, com pouca sujeição a enchentes (JORGE E UEHARA, 1998).

O **coeficiente de manutenção** (C_m) é 1,19 m/m², ou seja, 1,19 m/m² é a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

O canal principal, com comprimento de 7,34 km possui **índice de sinuosidade** (S_n) de 13,6% mostra que a sub-bacia se insere na Classe 1, como muito reto (BACK, 2006). Segundo Christofolletti (1981) os canais retos são aqueles em que o rio percorre um trajeto retilíneo sem se desviar significativamente de sua trajetória normal em direção a foz. São considerados estáveis. Para Shumm (1967 apud Guerra e Cunha, 1998), a diminuição da sinuosidade é dada pelo aumento da granulometria e da carga dendrítica.

A **declividade do rio principal** equivale a 7,29 m/km.

Na bacia Córrego São Roberto o comprimento das curvas de nível (L_{cn}) é de 97,64 km, considerando-se a diferença entre cotas de 10m, podendo-se estimar a **declividade média** de 0,033 km/m ou 3,3% representando um relevo plano.

A análise dos índices físicos e morfométricos da sub-bacia hidrográfica mostram que o Córrego São Roberto possui um curso de água pequeno, sendo considerado de 4º ordem. A sinuosidade do curso é baixa possibilitando maior velocidade na dispersão de poluentes, embora possua baixa declividade do curso d'água principal e da bacia.

O **perfil longitudinal** foi feito através da extensão do curso d'água principal, e os perfis transversais, um feito na foz e outro na nascente da bacia hidrográfica Córrego São Roberto, como mostra a Figura 9:

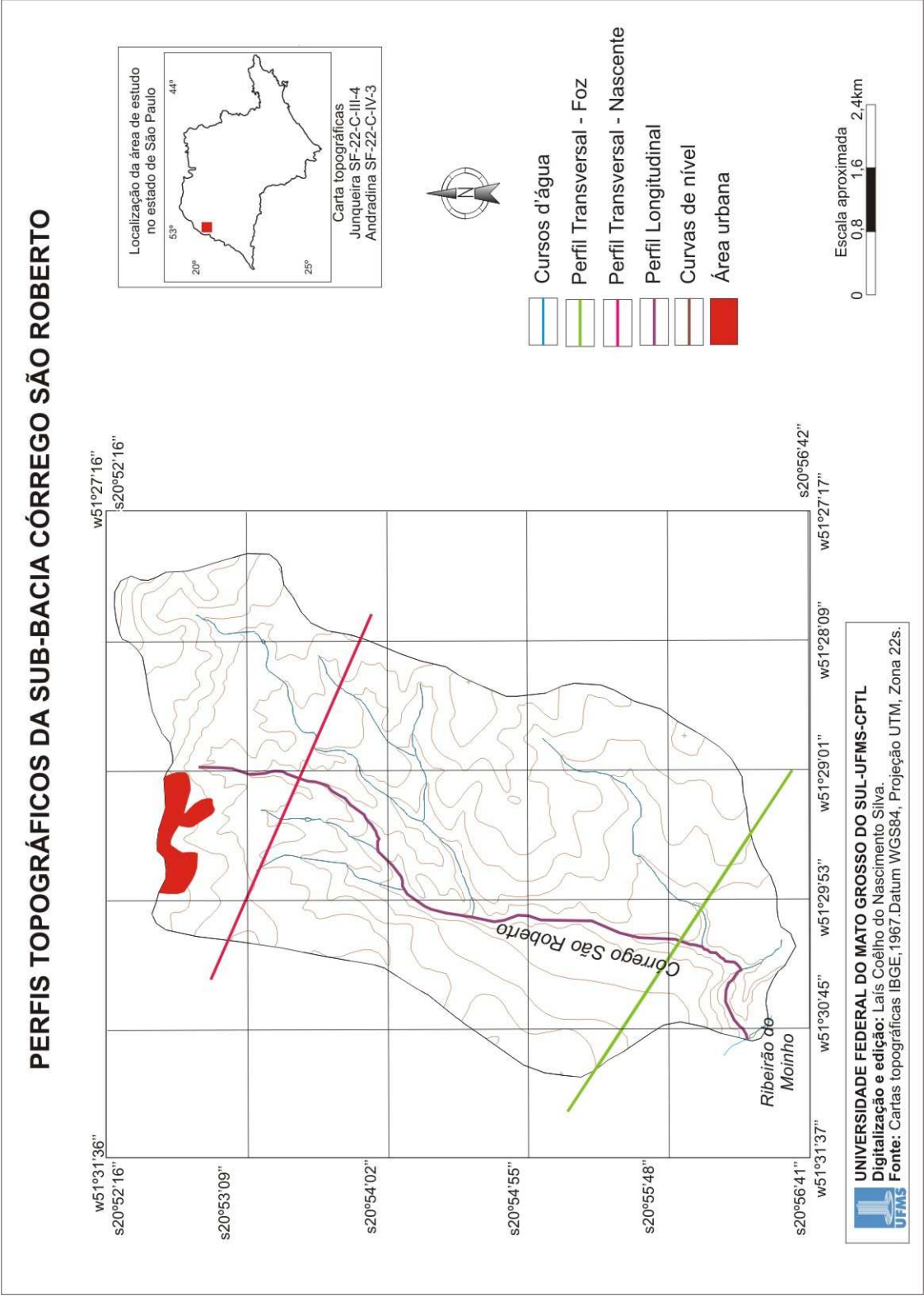


Figura 9: Perfis Topográficos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

A Figura 10 mostra o perfil longitudinal da bacia hidrográfica Córrego São Roberto. O perfil da bacia hidrográfica é do tipo côncavo, com declividades maiores em direção à nascente, segundo Cunha (1998), cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio, assumidos quando há relação de igualdade entre a atuação da erosão, do transporte e da deposição.

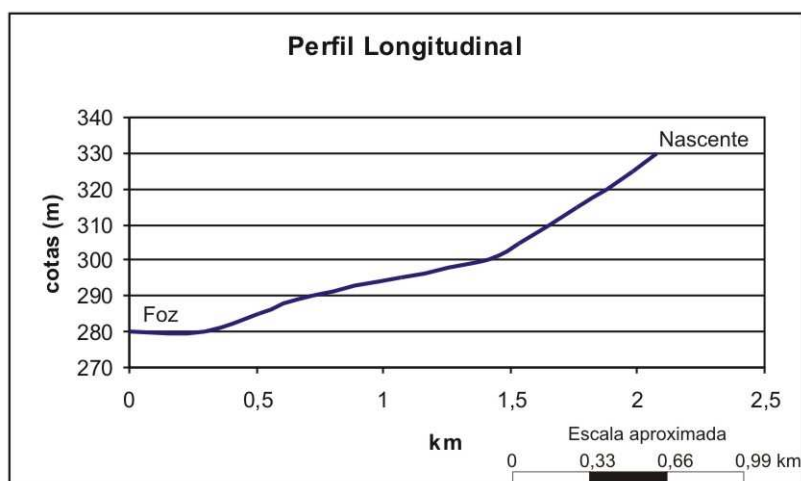


Figura 10: Perfil Longitudinal da sub-bacia Córrego São Roberto.

Fonte: IBGE, 1967.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A Figura 11 mostra o **Perfil Transversal da foz** da sub-bacia Córrego São Roberto.

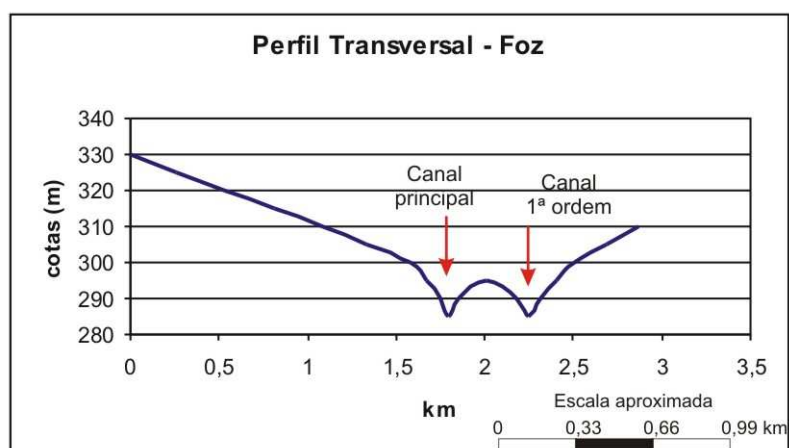


Figura 11: Perfil Transversal da foz da sub-bacia Córrego São Roberto.

Fonte: IBGE, 1967.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A Figura 12 mostra o **Perfil Transversal da nascente** da bacia Córrego São Roberto.

No curso superior do rio, a ação predominante é o desgaste do fundo do leito, fazendo com que o vale se aprofunde e estreite, formando vertentes abruptas.

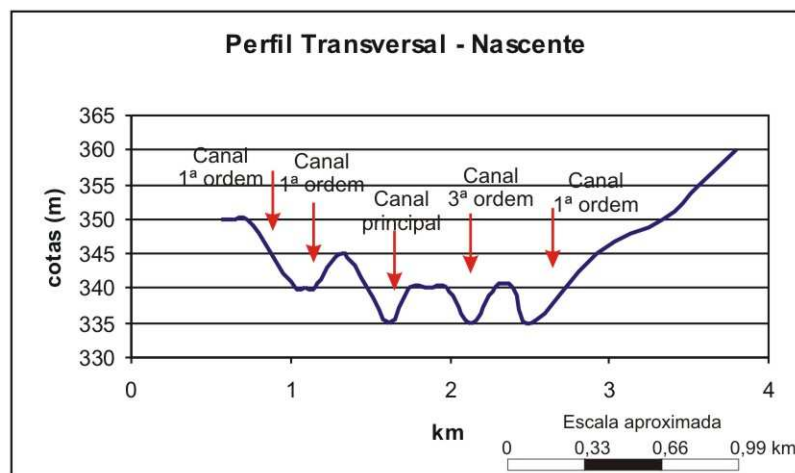


Figura 12: Perfil Transversal da nascente da sub-bacia Córrego São Roberto.

Fonte: IBGE, 1967.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

De acordo com o mapa de uso e ocupação do solo (p. 65), nota-se que é desproporcional a existência da classe florestal, em contrapartida com o aumento de pastagem e da lavoura temporária, ou seja, a cana de açúcar. O pasto e a cana de açúcar constituem-se atualmente, atividades bastante significativas.

Ainda, de acordo com o uso e ocupação pode-se verificar que há trechos ao longo dos cursos d' água e principalmente nas nascentes, com ausência de mata ciliar.

Em 2009 constata-se na sub-bacia início de processos de assoreamento de alguns canais e nascentes, isto pode ser consequência do predomínio da pastagem (67,62 km²) ou mesmo ser de ordem natural.

Os dados morfométricos apontam que a bacia possui fraca tendência para geração de novos cursos d'água e que possui média velocidade de resposta hidrológica, caracterizada pela densidade de drenagem, devido o relevo plano e solo permeável (latossolo vermelho). Essas condições naturais associadas ao uso atual e falta de práticas conservacionistas agravam essa característica.

8.3 Uso e ocupação do solo nas áreas de APP 30 e 50 metros

As áreas de APP na sub-bacia Córrego São Roberto correspondem a 7,47% de sua área total (Tabela 13).

Tabela 13: Ocupação total e percentual de uso do solo nas áreas de preservação permanente das nascentes e matas ciliares da sub-bacia Córrego São Roberto em 2009.

Classes de uso	Área da sub-bacia		APP 30m		APP 50m	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Florestal	2,1042	7,38	0,2601	12,73	0,0063	5,30
Corpos d'água continentais	0,0828	0,27	0,0198	0,96	0	6,81
Áreas úmidas	1,9359	6,68	0,6129	30,02	0	0
Cultura Temporária	3,4002	11,78	0,1476	7,23	0,0018	1,52
Pastagem	19,5246	67,62	0,9972	48,43	0,0999	84,09
Áreas Urbanizadas	0,3699	1,24	0	0	0	0
Solo exposto	1,4553	5,03	0,0045	0,23	0,0027	2,28
Total	28,8729	100,00	2,0421	100,00	0,117	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

O uso agropecuário é predominante no uso e ocupação da sub-bacia (74,78%), seguido pela classe florestal (10,13%). Do mesmo modo, nas áreas de mata ciliares e áreas de nascentes, a pastagem representa maior classe de ocupação nas APPs (19,52%), e a segunda maior classe é a cultura temporária representando 11,78% da APP.

Sendo a maior área da sub-bacia hidrográfica ocupada por pasto, é de extrema necessidade a existência de mata ciliar nas nascentes e ao longo dos canais, pois o pisoteio do gado nas margens dos cursos d'água, assoreia e compromete a qualidade das águas.

Das áreas de APP 30 metros, 30,02% representam áreas úmidas, ou seja, várzea. A vegetação florestal representa 7,38% da área da bacia, sendo 12,73 % presentes nas áreas de APP 30 metros e 5,30 % na APP de 50 metros. Em algumas áreas da sub-bacia podemos ver que no lugar da mata ciliar está presente a plantação de cana. A ausência da mata ciliar deixa os cursos d'água mais vulnerável a contaminação, pois o uso de herbicidas para controle de pragas repercute efeitos na vida aquática e qualidade das águas, conseqüentemente gerando problemas para a saúde humana e animal.

Na Figura 13 encontra-se o mapa de distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo na sub-bacia e nas áreas de APP.

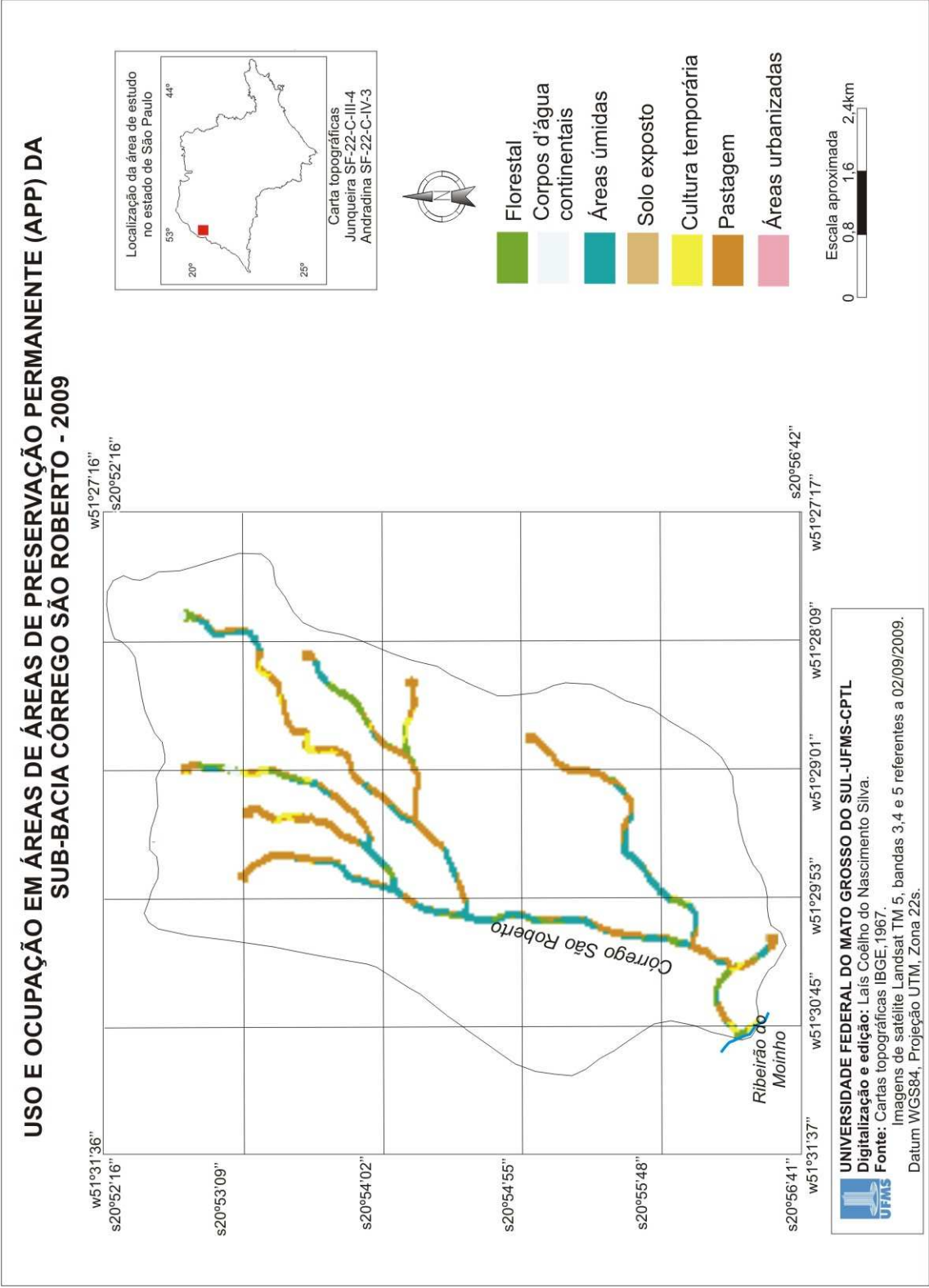


Figura 13: Uso e ocupação do solo nas áreas de APP da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto .

8.4 Declividade

O mapa de declividade, feito a partir da metodologia de Lepsch (2002), identificou quatro classes de declividade, 0-3%, 3-6%, 6-12% e 12-20%.

As classes de 0 a 3% representam 84,83% da área de declividade da sub-bacia, ou seja, a maior parte da área representa um relevo de várzea, segundo De Biase (1993 apud PINTO, L.V.A. et al 2005), p.52. (Tabela 14).

Tabela 14: Classes de declividade e respectiva área em km² na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

Classes de declividade	Área em km²
0 a 3	84,83
3 a 6	13,87
6 a 12	1,21
12 a 20	0,09
Total	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Grande área da sub-bacia se insere em declividades baixas, conforme o mapa abaixo (Figura 14):

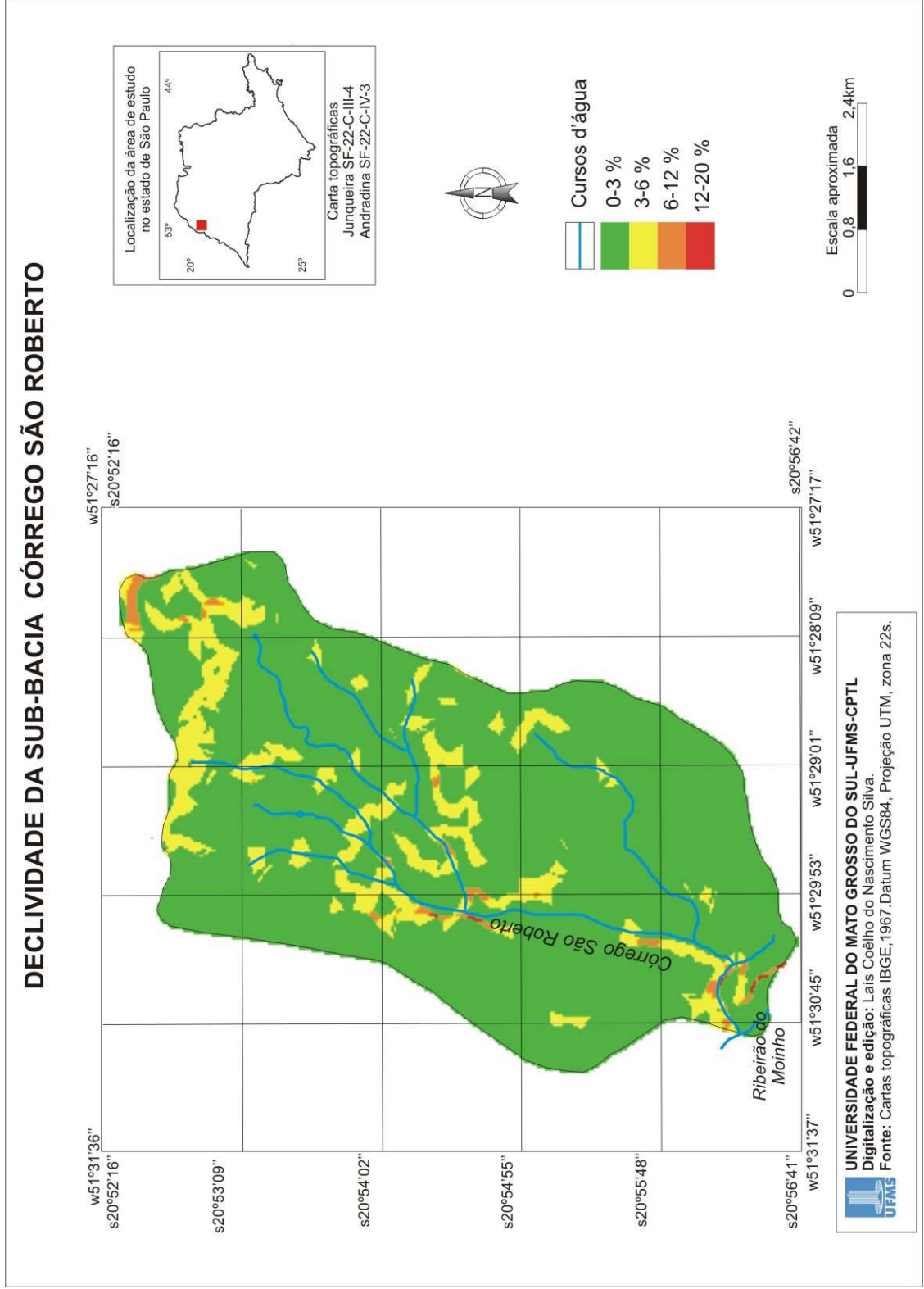


Figura 14: Declividade da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

A partir da Tabulação Cruzada, cruzaram-se as classes de uso e ocupação do solo no ano de 2009 com as classes de declividade. Os resultados estão exibidos na Tabela 15.

Tabela 15: Tabulação cruzada entre classes de declividade e classes de uso e ocupação do solo em 2009, na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

	0-3	3-6	6-12	12-20
Florestal	1,7172	0,3213	0,0567	0,0090
Corpos d'água continentais	0,0567	0,0243	0,0018	0,0000
Áreas Úmidas	1,5507	0,3258	0,0522	0,0072
Cultura temporária	2,9439	0,4248	0,0297	0,0000
Pastagem	16,7211	2,6676	0,1224	0,0126
Áreas urbanizadas	0,2637	0,1062	0,0000	0,0000
Solo exposto	1,2339	0,1323	0,0864	0,0000

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A classe de uso do solo predominante na sub-bacia hidrográfica é a pastagem, portanto ele ocupa a maior área das classes de declividade, predominantemente na classe de 0 a 3% de declividade, correspondendo a 15,6042 km². Na classe de 3 a 6% o pasto corresponde a 2,3292 km².

A segunda maior classe de uso e ocupação nas áreas de declividade corresponde a classe florestal, com 3,7701 km² na classe de 0 a 3% de declividade.

A grande maioria das classes de uso e ocupação do solo está inserida nas classes de baixa declividade da sub-bacia, não necessitando, portanto de muitas recomendações sobre práticas conservacionistas.

Na área da sub-bacia hidrográfica, estão delimitados quatro tipos de solos: Neossolo litólico, Argissolo, Latossolo vermelho e Gleissolo, conforme a descrição física da área de estudo.

A Tabela 16 demonstra a área que cada tipo de solo possui dentro da sub-bacia, onde é possível ver que o Latossolo vermelho, corresponde a maior ocupação, sendo 74,78% do total da área.

Tabela 16: Tipos de solo e respectiva área em km² na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

Tipo de solo	Área em km²
Gleissolo	18,65
Latossolo Vermelho	74,78
Argissolo	6,31
Neossolo Litólico	0,26
Total	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Os dados de tabulação cruzada entre as classes de uso e ocupação do solo em 2009 e tipos de solos, estão representados na Tabela 17:

Tabela 17: Tabulação cruzada entre classes de uso e ocupação do solo em 2009 e tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².

	Gleissolo	Latossolo vermelho	Argissolo	Neossolo litólico
Florestal	0,8883	1,0917	0,1062	0,0180
Corpos d'água continentais	0,0000	0,0693	0,0135	0,0000
Áreas Úmidas	0,7497	1,0053	0,1377	0,0045
Cultura temporária	0,5004	2,6811	0,1701	0,0000
Pastagem	3,1446	15,0156	1,1916	0,0531
Áreas urbanizadas	0,0000	0,1368	0,1701	0,0000
Solo exposto	0,0711	1,3338	0,0207	0,0000

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Para fazer uma melhor análise da fragilidade quanto ao uso e ocupação em cada tipo de solo, fez-se uma tabulação cruzada entre a declividade e os tipos de solos existentes na sub-bacia (Tabela 18):

Tabela 18: Tabulação cruzada entre classes de declividade e tipos de solos da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².

	0-3 %	3-6 %	6-12 %	12-20 %
Gleissolo	4.3542	0.8847	0.0999	0.0153
Latossolo vermelho	18.9621	2.1339	0.2214	0.0135
Argissolo	0.9405	0.8478	0.0216	0.000
Neossolos litólico	0.0243	0.0513	0.0000	0.000

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

O latossolo vermelho está inserido, em sua maior parte, na classe de uso e ocupação de pastagem, representando 15,0156 km².

Ainda de acordo com a tabela de tabulação cruzada entre tipo de solo e declividade, o Latossolo está em sua grande maioria dentro da declividade de 0-3%, característica comum do grupo dos latossolos.

O tipo de solo Latossolo vermelho, segundo Ross (1994 apud Guerra e Cunha, 1998), possui fragilidade muito baixa quanto ao uso e ocupação, pois apresentaram a baixas declividades e apresentam bom potencial para o uso e ocupação.

O solo Gleissolo, que se insere no leito fluvial, é ocupado em maior parte por pasto. Segundo, Mendonça, Santos e Rosário (2005), nessas áreas com predomínio de solos hidromorficos (gleissolos), na medida do possível, não devem ser ocupadas (ou pelo menos se deve restringir seu uso e ocupação) devido ao risco constante de inundações (já que se encontram as margens do Córrego São Roberto) em períodos de chuvas intensas.

As áreas ocupadas no Argissolo representam 6,31% da área da sub-bacia. Nesse tipo de solo, a fragilidade, segundo Ross (1994 apud Guerra e Cunha, 1998) é forte, reforçada por Lepsch (2002) ao dizer que neste solo há acidez pronunciada, escassez de nutrientes e alta susceptibilidade à erosão.

De acordo com Lepsch (2002) esse tipo de solo ocorre comumente em situações de relevo com inclinações mais acentuadas que os Latossolos.

A área de Argissolo na sub-bacia é de 1,8099 km², sendo que 0,8694 km² está localizado em declividades pouco maiores, de 3-6% e 6-12%, ou seja, quase metade do Argissolo está inserido em declividades maiores que o tipo de Latossolo, sendo este situado quase totalmente em declividade mais baixa.

Como a declividade é pouco mais acentuada, o uso e ocupação apresentam limitações moderadas para seu uso, sendo apropriadas para culturas anuais desde que lhes sejam aplicadas práticas especiais de conservação do solo. O relevo é ondulado e não oferecem dificuldade para o emprego de máquinas agrícolas.

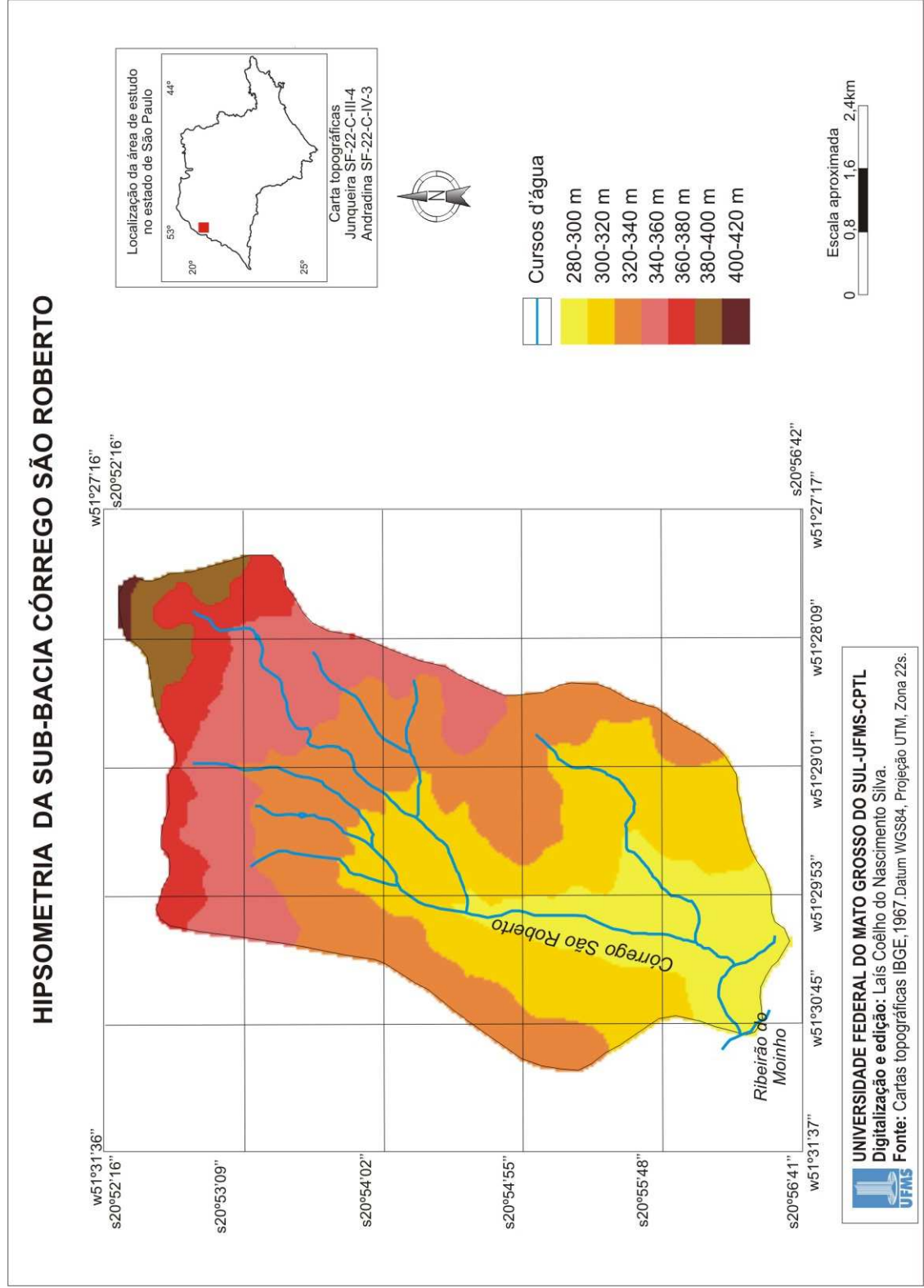
O Neossolo Litólico presente na sub-bacia está enquadrado nas declividades de 0-3% e 3-6%, com maior área nesta última. Segundo Lepsch (2002) este tipo de solo é jovem, ainda em formação. Não possui o horizonte B, o horizonte A assentado diretamente no C, estão quase sempre situados em declividades maiores, onde a velocidade da erosão é igual ou maior à velocidade de transformação da rocha em solo, o que não ocorre nesse caso, a possibilidade é de que a rocha apresenta resistência à decomposição, o que não admite aprofundamento do perfil.

O uso e ocupação favorável para esse tipo de solo seria o de vegetação arbórea, para que houvesse infiltração da água para desenvolvimento completo dos horizontes. Pela tabela de tabulação cruzada entre tipo de solo e uso e ocupação, podemos visualizar que há pasto e vegetação arbórea em áreas de Neossolo Litólico.

8.5 Hipsometria

O mapa de hipsometria constitui-se numa informação onde a elevação da sub-bacia Córrego São Roberto foi dividida em fatias, permitindo a quantificação absoluta e relativa da área ocupada por determinado intervalo de altitude. Este mapa é gerado a partir das curvas de nível e derivado da reclassificação do modelo digital de elevação, conforme a Figura 15:

A sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto apresenta como cota altimétrica mais baixa a cota de 280 metros. A cota altimétrica mais alta é a de 420 metros, ambas as altitudes em relação ao nível do mar. As classes hipsométricas foram agrupadas em intervalos de 20 metros, gerando sete classes de altitude.



A tabela 19 mostra que a maior área da sub-bacia está situada na classe hipsométrica de 320 a 340 metros de altitude, ocupando 29,9% da área total.

Tabela 19: Classes hipsométricas e respectiva área em km² e % na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

Classe	Área em km²	%
280-300	4,0824	14,12
300-320	7,8705	27,24
320-340	8,6355	29,9
340-360	5,1174	17,71
360-380	2,1429	7,42
380-400	0,9162	3,25
400-420	0,1080	0,36
Total	28,8729	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A segunda classe com maior ocupação é a de 300 a 320 metros de altitude, que ocupa 27,24% da área da sub-bacia.

A classe de menor altitude, 280 a 300 metros de altitude, possuem área de 14,12%, e as classes de 360 a 420 somadas, ocupam 11,03%.

Os dados mostram que a maior área da sub-bacia está inserida em altitudes baixas.

A tabulação cruzada entre o mapa de uso e ocupação do solo e mapa hipsométrico estão representados na tabela 20:

Tabela 20: Tabulação cruzada entre classes de uso e ocupação do solo em 2009 e classes hipsométricas da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto em km².

Classe	Florestal	Corpos d'água continentais	Áreas Úmidas	Cultura temporária	Pastagem	Áreas urbanizadas	Solo exposto
280-300	0.5130	0.0099	0.8253	0.3303	2.0124	0.0000	0.3915
300-320	0.4122	0.0000	0.5967	0.4329	5.9598	0.0000	0.4689
320-340	0.7380	0.0162	0.1638	1.0449	6.6060	0.0126	0.0540
340-360	0.3555	0.0198	0.2250	0.8730	3.4488	0.0765	0.1188
360-380	0.0459	0.0369	0.0972	0.3834	1.2528	0.2808	0.0459
380-400	0.0396	0.0000	0.0180	0.3357	0.2448	0.0000	0.2781
400-420	0.0000	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0981

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

A tabela expõe que a classe de pastagem ocupa a maior área das classes hipsométricas, de 280 a 400 metros, não possuindo ocupação na classe de 400 a 420 metros de altitude.

A classe mais alta de altitude, de 400 a 420, é ocupada atualmente por vegetação arbórea e solo nu.

8.6 Fragilidade Ambiental e Potencial à Erosão

Os dados de precipitação representam outro fator para se obter a fragilidade da sub-bacia, segundo a metodologia utilizada.

Na Tabela 21, há maiores especificações quanto às estações, e na figura 13 estão espacializados os pontos de dados pluviométricos.

Tabela 21: Postos de dados pluviométricos na região de Castilho, SP.

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Bacia
Andradina	B8-004	Andradina	370 m	20°55'	51°22'	Moinho
Andradina	B8-029	Três Irmãos	310 m	20°43'	51°20'	Três Irmãos
Castilho	B8-002	Castilho	380 m	20°52'	51°29'	Moinho
Castilho	B8-028	Porto Independência	260 m	20°59'	51°43'	Paraná (superior)
Ilha Solteira	B8-027	Ilha Solteira	330 m	20°24'	51°21'	Paraná (superior)
Nova Independência	C8-045	Nova Independência	310 m	21°06'	51°29'	Aguapeí
Três Lagoas	B8-031	Jupiaí	260 m	20°48'	51°38'	Paraná (superior)

Fonte: SIGRH. Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo (2010).

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Na região é visível que há dois períodos sazonais, de grande pluviosidade e outro mais seco.

Através da média das estações pode-se ver que entre os meses de novembro a março as chuvas excedem os 100 mm e chegam a pouco mais de 200 mm, sugerindo os meses de maior pluviosidade.

Esses meses denotam haver maior probabilidade às erosões, pois há maior instabilidade dos diferentes tipos de solos, ainda mais quando não se há cobertura vegetal

apropriada. A declividade não é um fator tão preocupante, pois a área é bastante plana, mas a preocupação maior é quanto a falta de cobertura vegetal.

Entre os meses de abril a outubro, a pluviosidade mínima é de 13 mm a máxima de 103 mm.

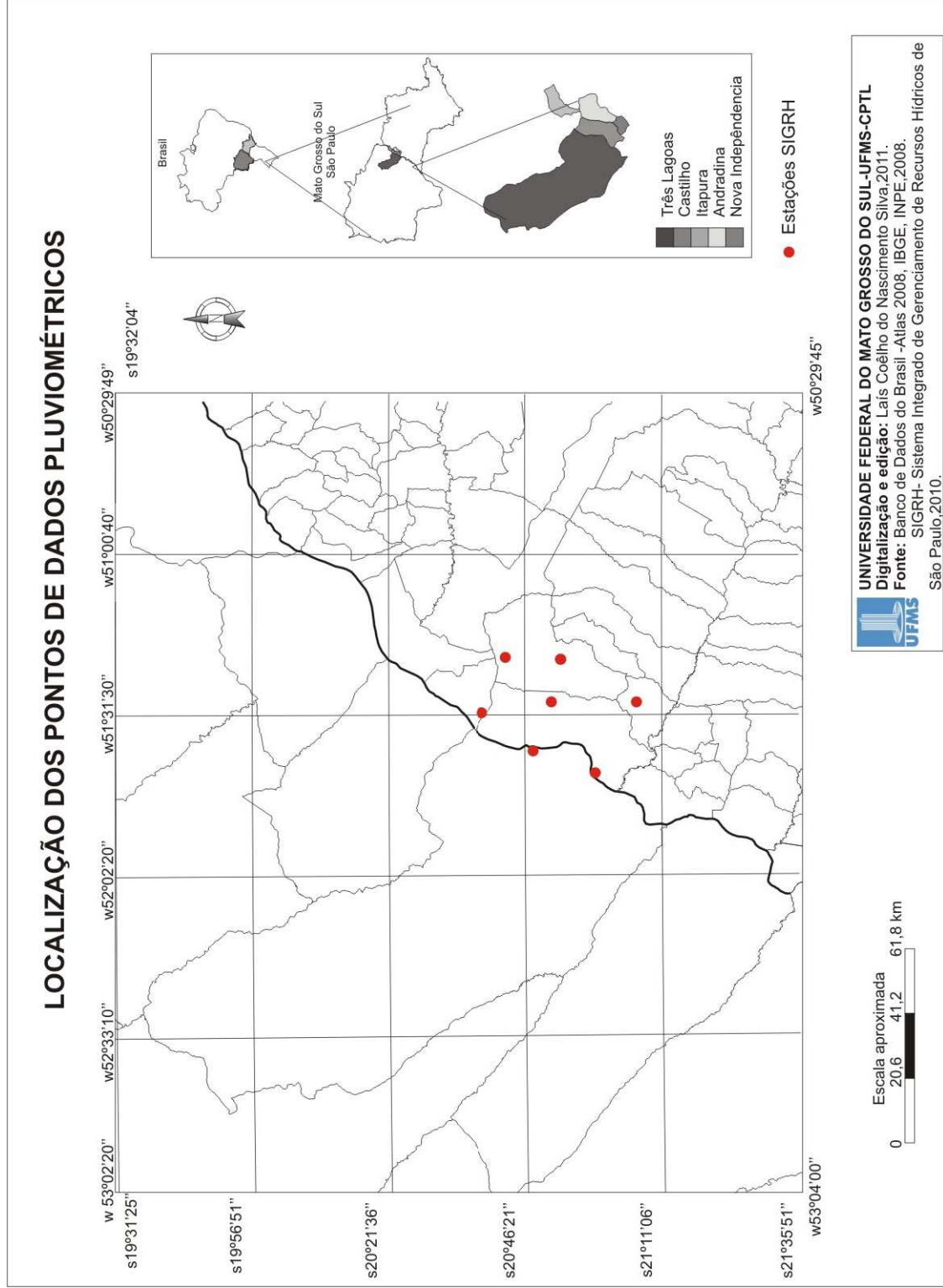


Figura 16: Localização das Estações Pluviométricas.

Segundo Goulart et al (2007) os anos com pluviosidade menor do que 100 mm, são críticos, ou seja, a pluviosidade é menor ou igual à evapotranspiração potencial.

Ainda, de acordo com Goulart et al (2007), os períodos de precipitação baixa, mas com elevada evaporação deixa os solos secos, as gramíneas dos pastos ressecadas e empobrecidas e a superfície endurecida e vulnerável à ação dos ventos e de uma ou outra chuva de maior intensidade.

De acordo com a tabela de fragilidade ambiental apresentada por Crepani et al (2001) (p.53) a sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto apresenta, no período mais seco, fragilidade variando de 1,0 a 1,3 e no período mais chuvoso, varia de 1,3 a 1,6.

Na Figura 17 é apresentado os gráficos de precipitação mensal em cada estação pluviométrica.

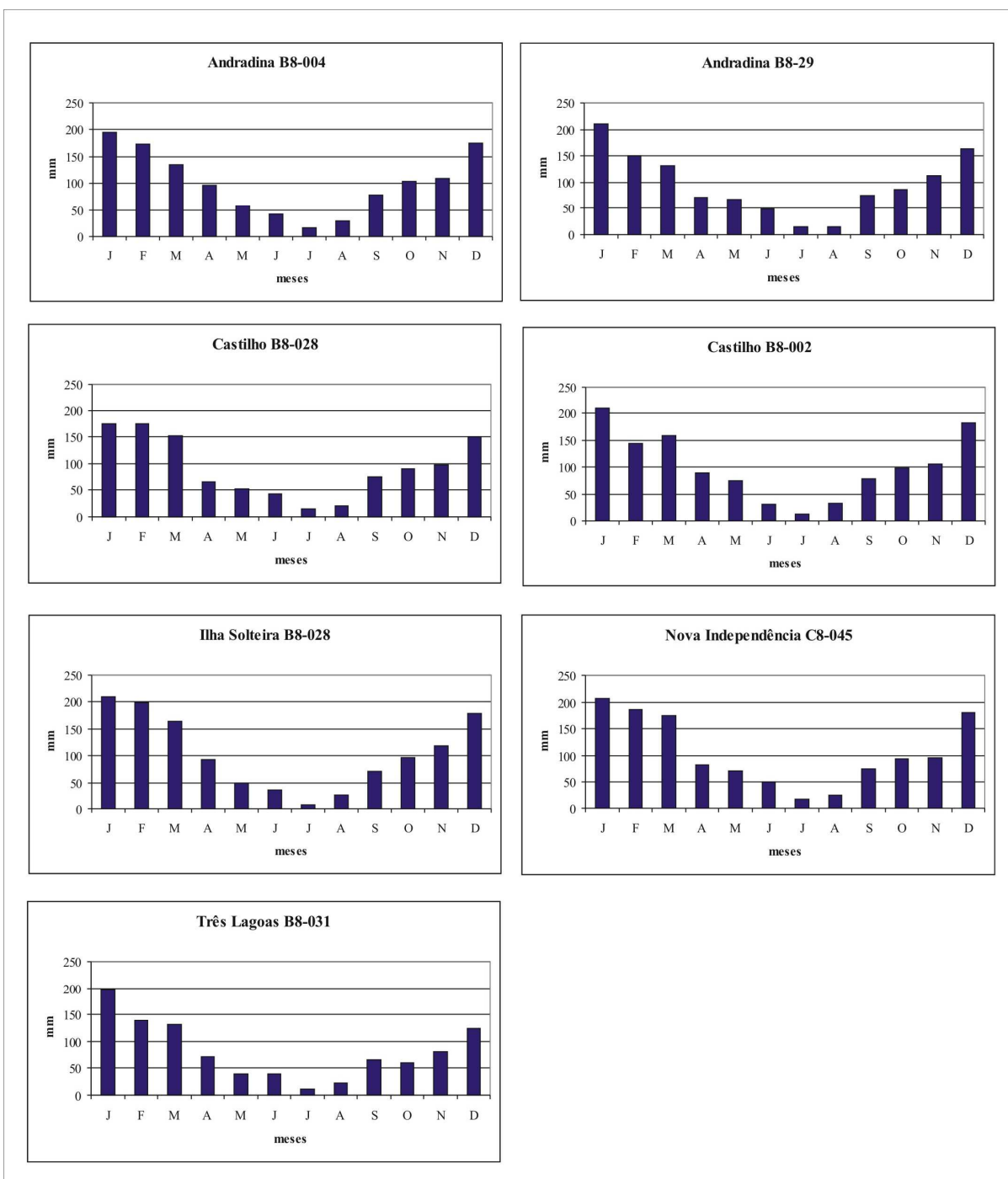
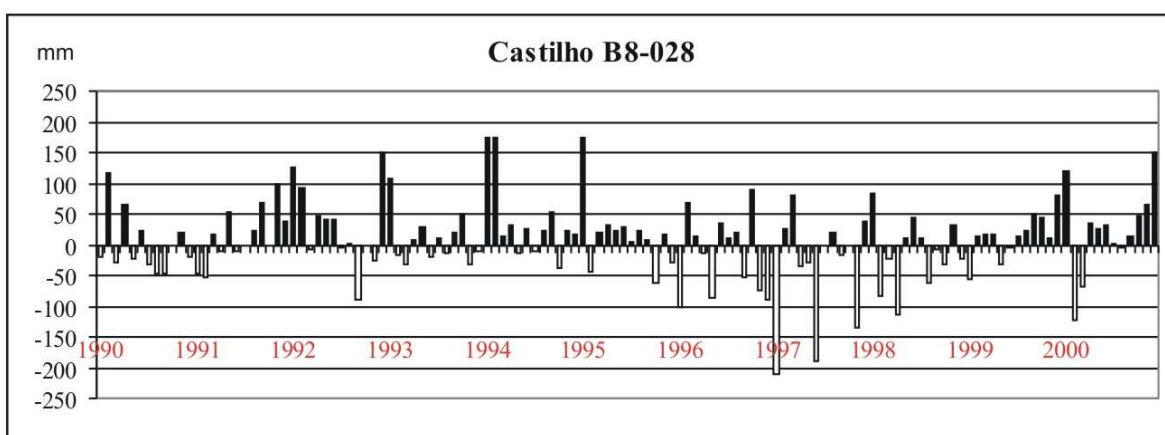
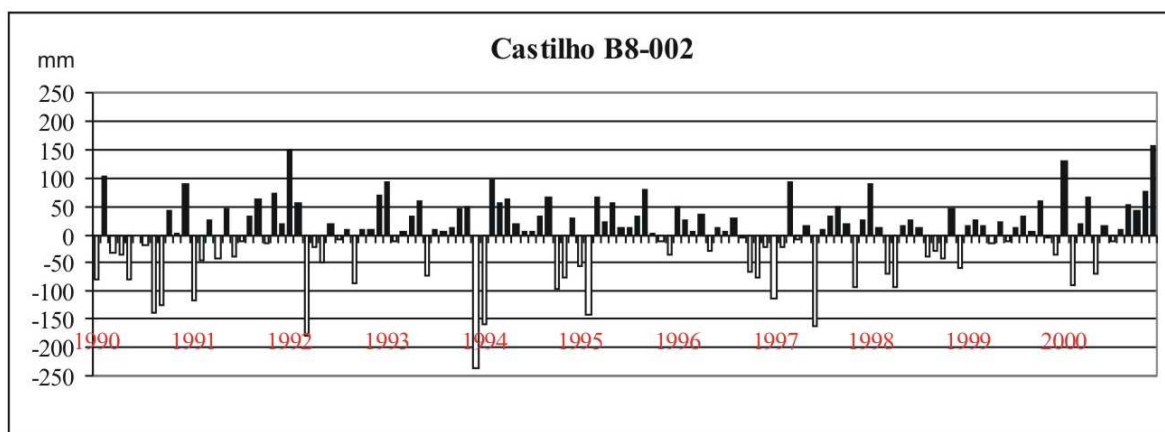
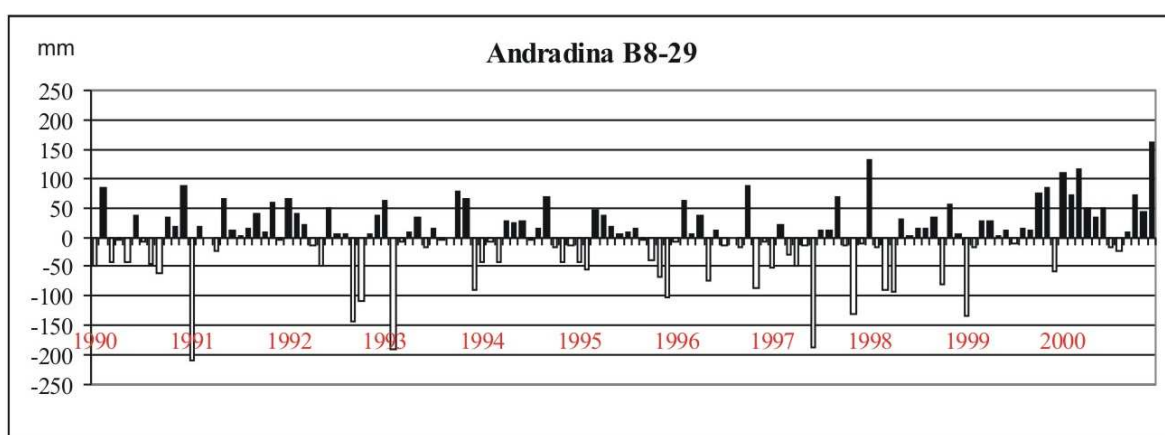
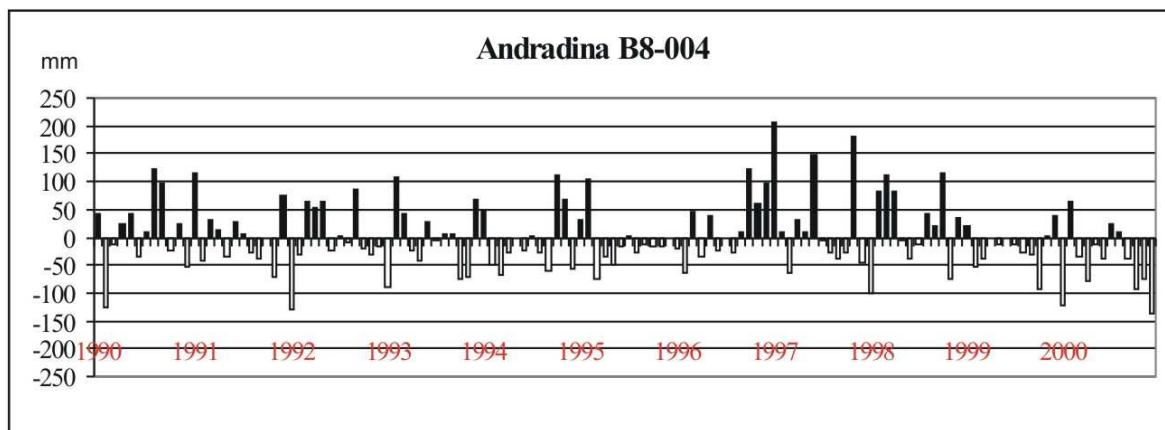


Figura 17: Pluviosidade Média Mensal.

Fonte: SIGRH- Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de São Paulo (2010).

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Os gráficos de desvio médio das estações pluviométricas referentes ao período de 1990 a 2000, representados na Figura 18, têm apresentado alternância entre anos mais secos (abaixo da média) e anos mais chuvosos (acima da média).



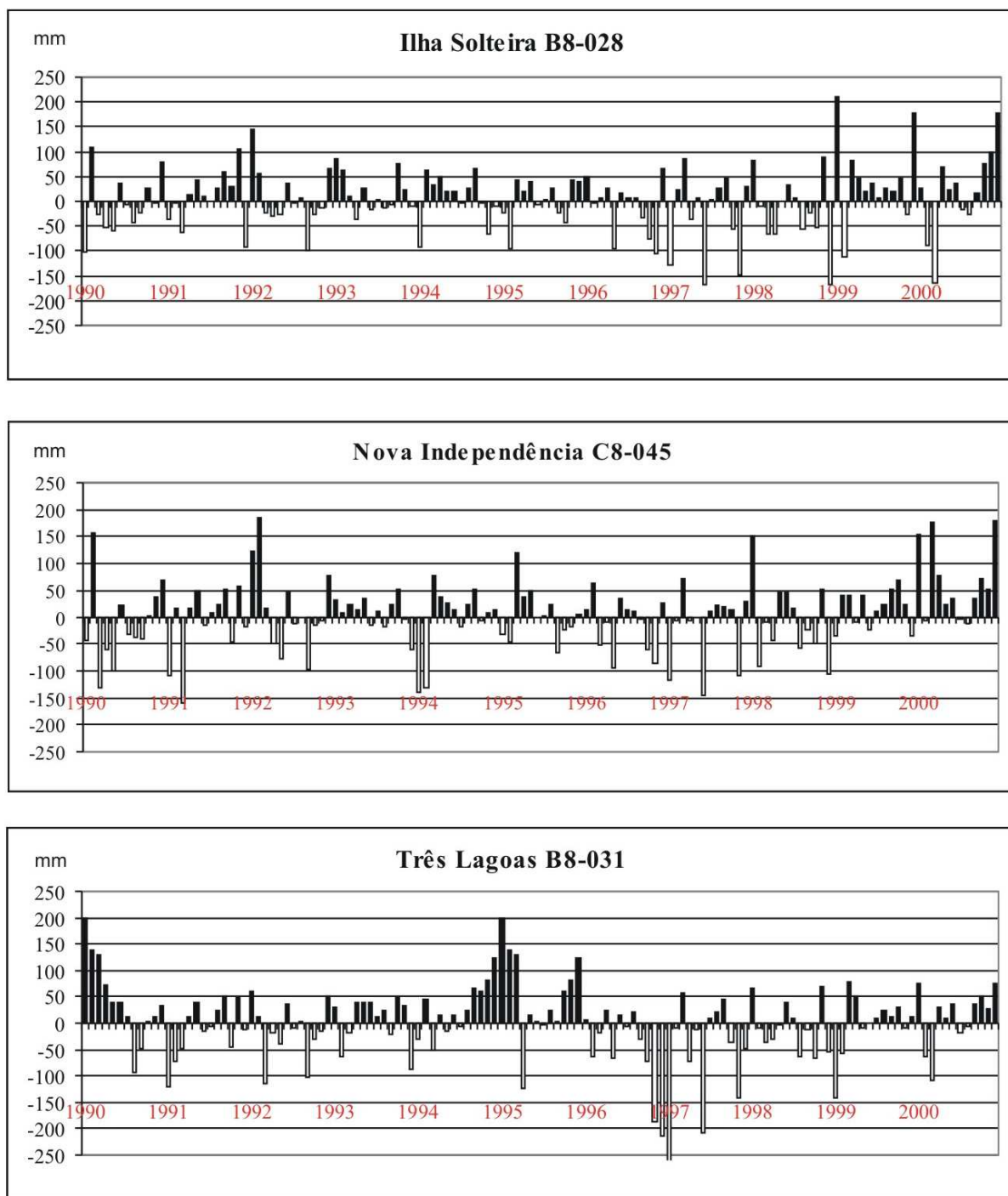


Figura 18: Desvio Médio de precipitação nas estações pluviométricas da região.

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Através da sobreposição dos elementos: declividade, uso e ocupação do solo e tipos de solos, o mapa de Potencial à Erosão foi gerado (Figura 19) sendo correlacionados a partir de técnicas de geoprocessamento.

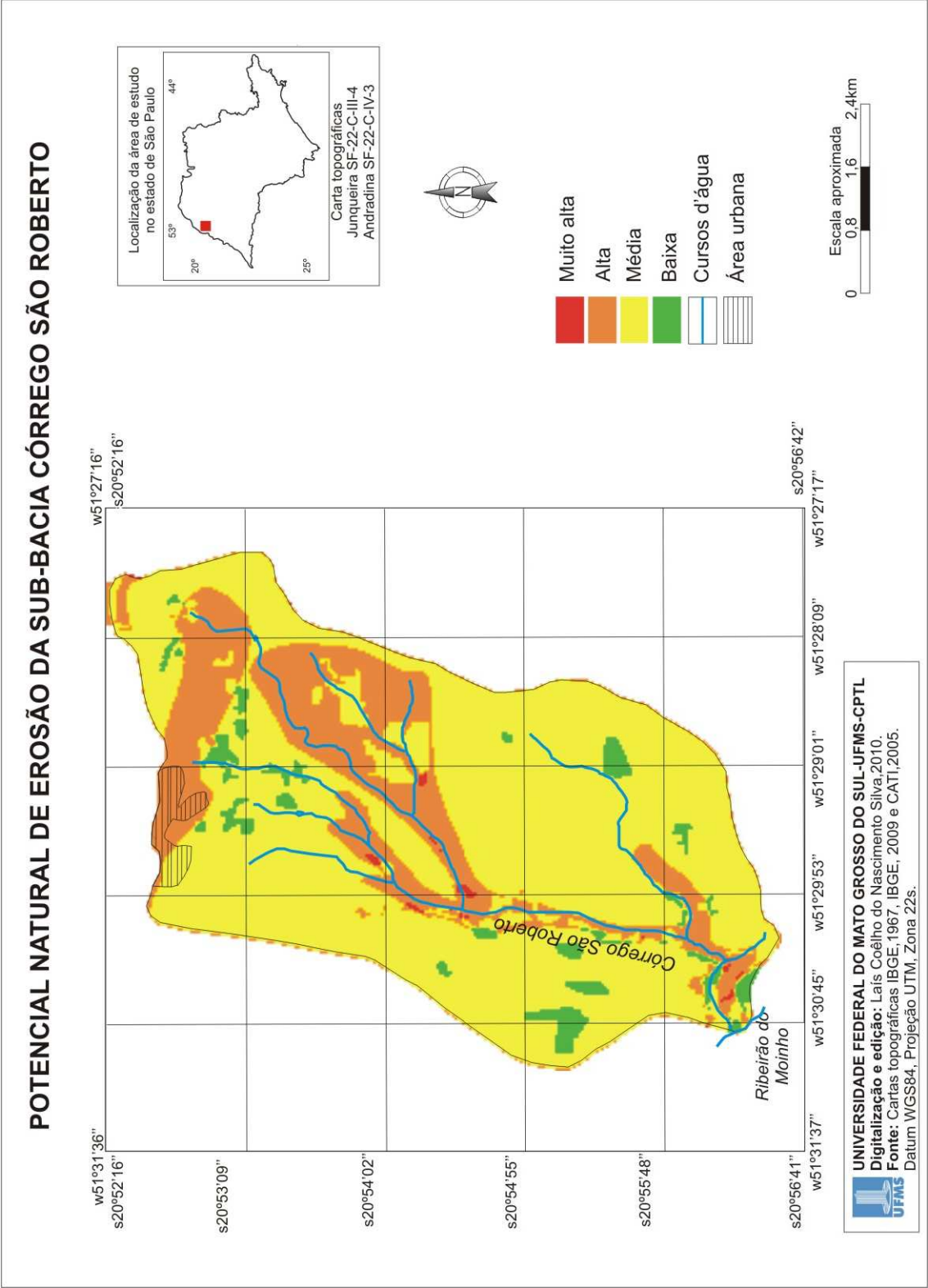


Figura 19: Mapa de Potencial de Erosão da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

Foram obtidas quatro classes de conjugação dos parâmetros: Baixa, Média, Alta e Muito Alta. Na tabela 22 é possível ver a área das classes de fragilidade quanto ao potencial à erosão.

Tabela 22: Área das classes de vulnerabilidade à erosão do solo.

Classe de vulnerabilidade	Área em %
Baixa	3,70
Média	72,87
Alta	23,15
Muito alta	0,28
Total	100,00

Organização: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Baixa: área com praticamente baixo ou nulo risco à erosão do solo.

- Condições Ambientais: áreas caracterizadas por áreas planas e baixos declives (0-3%). Latossolo Vermelho.
- Localização Geográfica: próximo as áreas de nascente, áreas de preservação permanente.
- Situação atual: áreas com vegetação arbórea preservada.
- Recomendações: apesar do baixo risco apresentado, é necessário manter a vegetação arbórea e realizar técnicas de manejo, como curvas de nível.

Na Figura 20 é possível ver áreas com baixa susceptibilidade à erosão, são áreas com vegetação arbórea preservada, localizadas em trechos próximos aos cursos d'água.



Figura 20: Áreas com baixo risco à erosão.

Autora: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Média: área com possibilidade de erosão.

- Condições Ambientais: Relevo plano a suave, áreas caracterizadas por baixos declives (0-3%) e (3-6%). Latossolo Vermelho.
- Localização Geográfica: área inserida em maior área da sub-bacia. Estende-se desde os interflúvios até as áreas de várzeas fluviais. Localização de algumas nascentes.
- Situação atual: área ocupada em maior parte por pastagem e algumas áreas com o solo nu. Ausência de mata ciliar, levando ao assoreamento do canal de drenagem.
- Recomendações: manutenção de curvas de nível, rodízio no pastoreio do gado e reconstituição das matas ciliares.

Na Figura 21, as fotos abaixo expõem áreas com média susceptibilidade à erosão. Na Foto 1, vemos áreas ausentes de vegetação ciliar próximo a nascente de um curso de 1ª ordem. A área é ocupada por pastagem.

Segundo Lepsch (2002) a mata ciliar protege os rios, evitando os desbarrancamentos, sendo importante o reflorestamento dessas áreas, de preferência com espécies arbóreas nativas, que provenha frutos comestíveis para a fauna local.

A foto 2 é de uma área próxima ao curso d'água principal, e nota-se que este trecho é desprovido de mata ciliar, sendo ocupada por pasto e cultura temporária (cana-de-açúcar).

A Foto 3 mostra pequena parcela de uma plantação de cana-de-açúcar.

A foto 4 é um trecho do canal principal, a seta indica a linha do talvegue, podemos ver que neste trecho, ao longo do curso d'água está sendo ocupado por pasto.

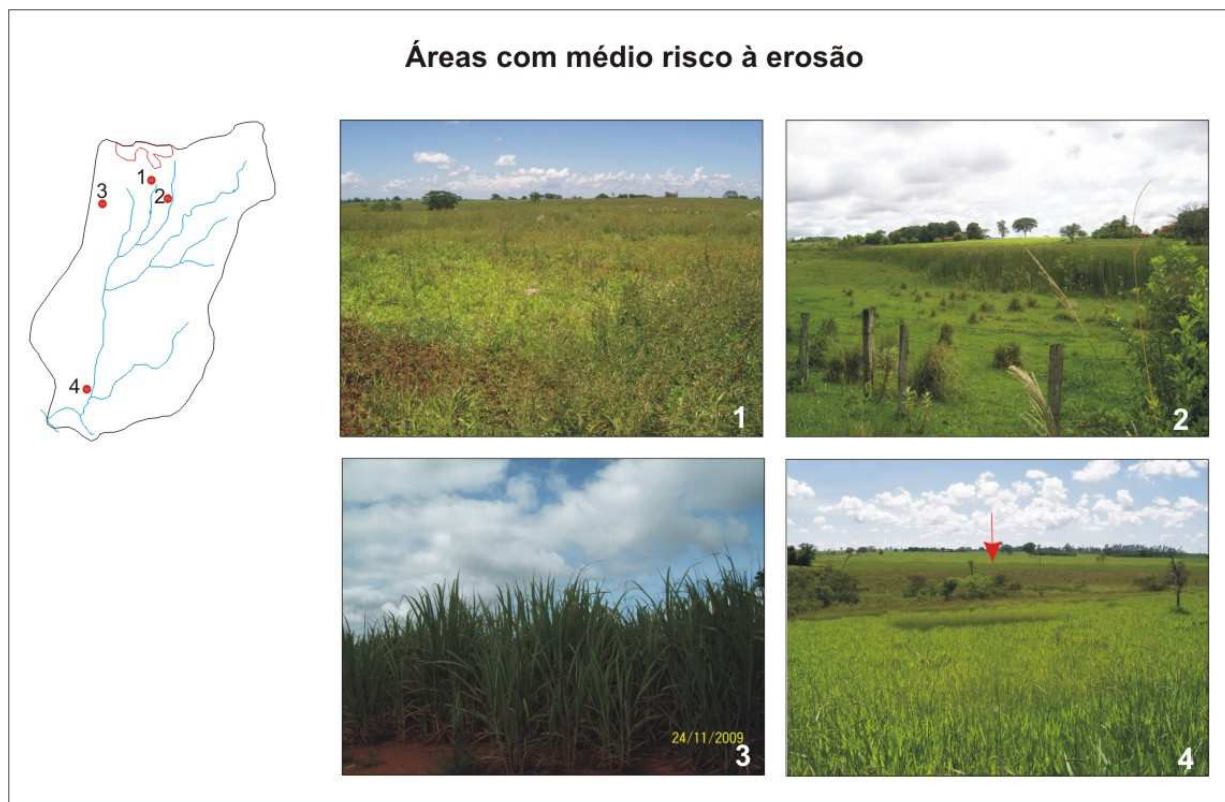


Figura 21: Áreas com médio risco à erosão.

Autora: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Alta: área com maior intensidade à erosão.

- Condições Ambientais: áreas caracterizadas por baixos declives (0-3%) e (3-6%). Neossolo Litólico e Argissolo.
- Localização Geográfica: área de Terraço e Várzea Fluvial e áreas a montante da sub-bacia.
- Situação atual: área ocupada por pastagem e pequena parte da área urbana inserida. Ausência de mata ciliar.
- Recomendações: Preservação e recuperação das áreas com vegetação arbórea, e áreas de APP. Curvas de nível e rodízio do gado.

Na Figura 22 é possível ver algumas áreas com alta probabilidade à erosão.

A foto 1 mostra a área da nascente do curso de 3ª ordem sem mata ciliar e pisoteada pelo gado, gerando assoreamento no canal.

A foto 2 é uma área próxima a um canal de 1ª ordem, sem mata ciliar, ocupado por cana-de-açúcar.

As Fotos da área 3 exibe uma estrada construída recentemente, que corta de modo transversal no baixo curso do Córrego São Roberto. O curso principal e um curso de 1ª ordem foram canalizados por essa construção. Na outra foto vemos o curso principal (4ª ordem) também, sem mata ciliar e seu leito assoreado.



Figura 22: Áreas com alto risco à erosão.
Autora: Laís Coelho do Nascimento Silva.

De acordo com Lepsch (2002), as pastagens devem ser reservadas para lugares onde a lavoura é de difícil adequação para métodos contra a erosão. Ainda segundo Lepsch, 2002 a agricultura e pecuária, é uma combinação ideal, pois embora haja menos vegetação arbórea, um pasto bem conduzido, proporciona boas condições contra a erosão.

O que se deve evitar é uma grande quantidade de gado num determinado local, pois o pisoteio contínuo diminuirá a proteção que o pasto oferece. A solução é adotar o rodízio dos pastos, onde o gado subdivide-se de um pasto para outro, seguindo planejamento pré-determinado (LEPSCH, 2002).

Segundo Dias, et al (2007), o pisoteio do gado e a abertura de estradas demonstram a forte presença antrópica, e provocam diretamente os processos morfogenéticos.

Muito alta: áreas com alto processo erosivo.

- Condições Ambientais: Relevo suave a ondulado (6-12%) e ondulado a forte ondulado (12-20%).
- Localização Geográfica: Terraços Fluviais, próximos a cursos d'água.
- Situação Atual: área de vegetação úmida e ocupada por pasto.
- Recomendações: Preservação e recuperação das áreas com vegetação arbórea, e áreas de APP. Manutenção das curvas de nível e rodízio do gado.

Na Figura 23, vemos uma área com alto risco à erosão. Outra área ocupada por pasto e sem mata ciliar.

Nessa classe há pouquíssimas áreas encontradas na sub-bacia. As poucas áreas encontradas apresentam declividades mais altas (6-12% e 12-20%), também pouco localizadas.

Já que são áreas com declividade mais altas, a morfologia do declive sugere que a velocidade das águas é maior, causando perda de solo e deposição de sedimentos nas áreas mais baixas, além de formar ravinas e voçorocas.



Figura 23: Áreas com risco muito alto à erosão.

Autora: Laís Coelho do Nascimento Silva.

Devido à escala da imagem e a dificuldade em chegar a locais dentro de propriedades rurais particulares utilizou-se as imagens do Google Earth (2003), para demonstrar que neste ano já havia algumas áreas com processos erosivos configurados. O que não se pode afirmar é se os processos aumentaram, diminuíram ou se estabilizaram, mas é bem provável que tenha aumentado, visto que até as imagens de 2009, a ausência de mata ciliar e práticas conservacionistas se configuram na área.

Foram identificadas em 2003, 6 áreas com processos erosivos de maior proporção, sendo três delas identificadas em áreas cujo mapa de Potencial à Erosão mostrou-se com média intensidade e outras três com alta susceptibilidade à erosão (Figura 24).

Também foi possível visualizar com maior detalhe e ver que há canais de drenagem que não configuram a rede de drenagem feita no trabalho, como mostra o recorte 3.

Encontram-se, principalmente, em áreas bastante próximas a cursos d'água, em que há ausência de mata ciliar e o pisoteio do gado, expõem o solo à ação dos ventos e das chuvas, originando processos erosivos, formação de voçorocas, perda de solo e fertilidade.

PROCESSOS EROSIVOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA CÓRREGO SÃO ROBERTO

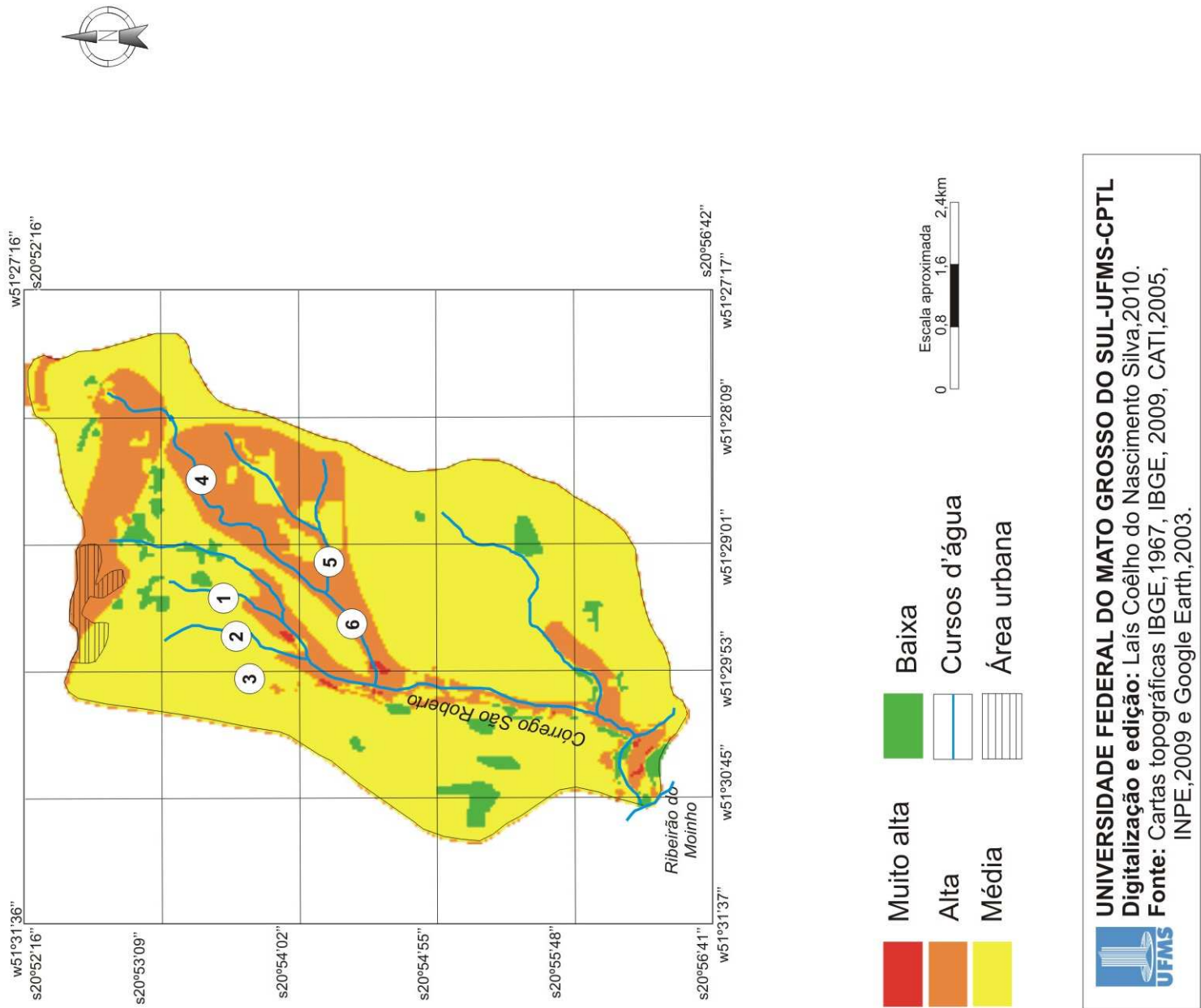


Figura 24: Processos erosivos na sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bases teórico-metodológicas adotada neste estudo demonstraram que a percepção da relação sociedade/natureza de forma integrada tem sua validade reforçada.

Ao partirmos das imagens de satélites como recorte temporal do território e nela agregarmos os valores sociais e as características ambientais que compõem os elementos da real dimensão socioambiental, alcançamos resultados positivos com o emprego das sofisticadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como apresentamos a seguir.

O mapa de utilização do solo representa a distribuição do uso e ocupação da terra, ressaltando também a ocorrência de elementos naturais (hidrografia, cobertura vegetal...). O mapa de capacidade de potencial a erosão (declividade, solos, uso e ocupação) apresenta a aptidão das terras, demonstrando os limites e possibilidades na exploração dos solos.

Nota-se que a área possui fatores naturais que propiciam aos processos de erosão do solo, mas os processos vistos atuantes na área são, na maioria, resultantes da ação antrópica, ou melhor, da falta de práticas conservacionistas e regimento das políticas públicas. Ross (1993, p.1) salienta que:

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. O princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

A análise multitemporal, quanto ao uso das terras, demonstrou que a vegetação arbórea, diminuiu em áreas ocupadas, no período de 1989 a 2009. No movimento inverso, a cultura temporária e a pastagem aumentaram a participação e suas áreas.

A análise morfométrica representa as características naturais quanto às funções hidrológicas da sub-bacia Córrego São Roberto. A partir dos índices aplicados, revelou-se que a sub- bacia tem média velocidade de resposta hidrológica e possuem escassa disponibilidade hídrica superficial.

A ausência da cobertura vegetal do solo é preocupante nesse sentido, pois as águas superficiais percorrem longo caminho entre o interflúvio e o canal, e diante de um solo desprotegido, a vulnerabilidade a processos erosivos é maior.

Outro atributo natural na sub-bacia é a fraca tendência de geração de cursos d'água, devido ao relevo plano e solo permeável. A ausência de Áreas de Preservação Permanente (APP) ao longo dos canais e nascentes acentua ainda mais essa característica, pois o assoreamento do canal impossibilita sua vazão natural.

Por meio da tabulação cruzada entre os mapas temáticos, possibilitou analisar a espacialização de cada elemento de um mapa em outro elemento de outro mapa, podendo já ver as fragilidades entre eles.

Pelo mapa de potencial a erosão, associado aos dados pluviométricos da região, visualizou-se as áreas de menor e maior potencial aos processos erosivos. Grande área da sub-bacia está dentro da classe de média fragilidade ambiental. Os fatores que denotam esse resultado são as baixas declividades, falta de cobertura vegetal, solos do tipo latossolo vermelho e médios índices de pluviosidade.

Devido a escala das imagens de satélite utilizadas, utilizou-se o sitio livre do software Google Earth (2003) para visualizar a área em maior escala de detalhes. Em 2003, é visto que os processos erosivos já eram existentes, podendo ter sido aumentados, diminuídos ou até estabilizados, mas probabilidade maior é de que tenha aumentado, visto que as imagens de 2009 há ausência de mata ciliar ao longo dos cursos d'água e nascentes.

Algumas práticas devem ser adotadas na área, a fim de minimizar os impactos existentes e conservar as áreas ainda preservadas. Segundo Viegas (2010) são necessárias práticas de manejo, tais como, evitar desmatamentos desnecessários, preservar as áreas de reserva legal e de preservação permanente, preparar o solo em curvas de nível, proceder a análise do solo, usar adubos apropriados, controlar a erosão, praticar a rotação de culturas e pastagens, combater as pragas e doenças, utilizar agrotóxicos conforme recomendação técnica, usar máquinas e implementos adequados, manejar corretamente os animais evitando pisoteio intensivo, dentre outros.

As áreas já alteradas, encontradas na sub-bacia, com processo erosivo iniciado, são passíveis de recuperação por meio da regeneração natural da vegetação nativa. Caso o estágio do processo de erosão seja avançado, só pode ser recuperada com a implantação de reflorestamento ou pastagens, e por meio de técnicas e manejo de conservação do solo. Neste caso, antes do plantio das mudas ou sementes das espécies escolhidas, nativas ou exóticas, deve-se providenciar a análise da terra, que indicará a forma adequada de utilização de adubos, calcário e outros insumos fertilizantes (VIEGAS, 2010).

Além da utilização de práticas de manejo, é essencial o cumprimento da legislação, quanto as áreas de APP, reserva legal e corredores ecológicos das propriedades rurais.

Objetiva-se que este trabalho venha a subsidiar futuros projetos de planejamento e gestão territorial, utilizando de forma racional e sustentável as potencialidades que a região oferece, visto que as atividades agrícolas são as maiores responsáveis pela economia do município.

Conclui-se que através da metodologia e instrumentos utilizados para se chegar ao objetivo proposto inicialmente, foi satisfatório os resultados, visto que foi possível analisar as fragilidades e potencialidades da sub-bacia hidrográfica Córrego São Roberto, não sendo possível melhor utilização das técnicas, devido à ausência de dados em escala compatível.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A.N. Bases Conceptuais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. IN: MULLER- PLANTENBERG, C., AB'SABER, A.N. (orgs.). **Previsão de Impactos**. Ed. Da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. p. 27-49.

BACK, A.J. Análise morfométrica da Bacia do Rio Urussunga - SC. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia. Ano 7, nº2, p. 107-115. 2006.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Ed da UFSC. Florianópolis, 1994.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, v-13, 1972.

BERTRAND, G. **Entrevista com o Professor Georges Bertrand**. GEOSUL, Florianópolis. Ed. da UFSC. v.13 n.26- p. 144-160,1998.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro. Lei 4.771/65**. Brasília, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em 20 de janeiro de 2011.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Capítulo 1: Apresentação. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 12/05/2008.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Capítulo 1: Apresentação. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>,/>. Acesso em: 12/05/2008.

CASSETI, V. Ambiente e apropriação do Relevo. 2ª Ed. Contexto. São Paulo, 1995.

CASTRO, S. B. E CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Rev. Scientia Plena**, Sergipe, v. 5, n. 1, fev. (2009), p. 1-7.

CATI - Coordenação de Assistência Técnica Integral. Departamento de Castilho, SP. **Mapa de Solos da Sub-Bacia Hidrográfica Córrego São Roberto**. Escala 1: 15.000, 2005.

CETEC. Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. **CBH-BT-Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tiête. Minuta Preliminar de Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 19.** Lins, agosto, 1999.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

COELHO, M.C.N. **Impactos ambientais em áreas urbanas- Teorias, conceitos e métodos de pesquisa.** p.19-45. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/legislacoesambientais/1986_Res_CONAMA_1_86.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.de; HERNANDEZ FILHO,P.; FLORENZANO,T.G.; DUARTE,V.; BARBOSA,C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E., MEDEIROS, J.S., AZEVEDO, L.G. de., HERNANDEZ FILHO, P., FLORENZANO, T.G., DUARTE, V. **Curso De Sensoriamento Remoto Aplicado Ao Zoneamento Ecológico-Econômico.** São José dos Campos: INPE, 1996.

CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. IN: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Org). **Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos.** 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil., 1998. p.211-252.

CUNICO, C. **Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi – PR: Perspectivas para a Análise e Avaliação das Condições Sócio – Ambientais.** 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DIAS, J.E.; GOES,M.H. de B.; XAVIER DA SILVA,J.; GOMES,O.V.O. **Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental: o Caso do Município de Volta Redonda –RJ.** IN:

XAVIER DA SILVA, J. E ZAIDAN, R.T. (org.) Geoprocessamento & Análise Ambiental: aplicações. 2ª Ed. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2007. p.144-177.

FELFILI, J.M. et al. **Cerrado**: manual para recuperação de matas de galeria. Planaltina/D.F.: EMBRAPA Cerrados, 2000.

FELTRAN FILHO, A. LIMA, E.F. **Considerações Morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais**. In: Ver. Sociedade e Natureza, Uberlândia, v.19 (1): 68-80, jun.2007.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GALETI, P.A. **Conservação do solo-reflorestamento-clima**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972.

GALLO, G. N. G. **Efetividade da Gestão Costeira Municipal Integrada**. 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Direito). Universidade Católica de Santos, Santos, 2009.

GOOGLE EARTH, 2003. Disponível em <<http://earth.google.com/intl/pt-PT/>> Acesso em: 20 de jan de 2011.

GOULART, H. R. et al. **Condicionantes Climáticos e degradação dos solos no Extremo Oeste Paulista: Arenização?**. Departamento de Geografia: UNESP, Presidente Prudente, 2007. Disponível em: <<http://www4.fct.unesp.br/docentes/geo/joaolima/>> Acesso em 15 de dez. de 2010.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2ª ed.1998.

GUERRA, A.J.T. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. Bertrand Brasil. 3ªed. Rio de Janeiro, 1998. p. 149-209.

GUERRA, A.J.T. A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos. In: **Revista Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, 2003 p. 385-389.

GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de satélite LANDSAT 5 TM**, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, **Cartas Topográficas**: Junqueira Folha SF-22-C-III-4 e Andradina Folha SF-22-C-IV-3, 1967.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, **Cidades**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 15 de jun. de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, **Cidades**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 21 de jan. de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, Manual Técnico de Uso da Terra. Manual Técnico em Geociências n.7. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

JORGE, F.N e UEHARA, K. Águas de superfície. In: Oliveira, A.M.S. e Brito. S.N.A.**Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.101-109.

LANDSAT TM: Imagem de Satélite. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Bandas 3, 4, 5, órbita 223, ponto 74 com 30m de resolução espacial (11/09/1987).

LANDSAT TM: Imagem de Satélite. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Bandas 3, 4, 5, órbita 223, ponto 74 com 30m de resolução espacial (17/09/1997).

LANDSAT TM: Imagem de Satélite. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Bandas 3, 4, 5, órbita 223, ponto 74 com 30m de resolução espacial (02/09/2009).

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA-E-SILVA, P.P; GUERRA, A.J.T; DUTRA,L.E.D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S.B.e GUERRA, A.T. (Org) **Avaliação e Perícia Ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil., 2002. p.217-61.

LOPES, D.E. Conflitos Agrários e a agroindústria canavieira em Castilho – SP. **Rev. Campo-Território, Revista de Geografia Agrária**, v.3, n.5, p. 93-112, fev.2008.

LOUZADA, F.L.R.O & SANTOS, A.R. Conflito do uso e ocupação do solo em APPS da bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte- ES. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 12; Encontro Latino Americano de Pós Graduação, 8 e Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior, 2, 2008, Vale do Paraíba/ SP. **Anais eletrônicos**. p 1-6. Vale do Paraíba/SP, 2008. Disponível em <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/>. Acesso em 23 jun. 2010.

LUPA- Levantamento Censitário das Unidades De Produção Agropecuária do Estado de São Paulo 2007/2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/>>. Acesso em: 20 de jan. de 2011.

MACHADO,P.J.O. ET AL. **Utilizacao da Analise Morfometrica como instrumento para avaliar a Vulnerabilidade Ambiental em sub-bacias hidrograficas no Municipio de Rio Pomba/MG**. Disponível em: <http://egal2009.easyplanners.info/area07/7134_de_Oliveira_Machado_Pedro_Jose.EGAL%20Morfometria%207134%20pdf>. Acesso em 26 de Nov. 2009.

MARCHETTI, D.A.B & GARCIA,G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. 1ed. 2ª reimpressão. São Paulo: Nobel, 1977.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **Rev. Raega**. Curitiba, v.3, n.3;1999, p.67-89.

MENDONÇA, F., SANTOS, L.L.C. e ROSÁRIO, R. **Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Palmital – RMC (Região Metropolitana de Curitiba)**. In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP. p. 1127-1136

OLIVEIRA, W. **Os impactos sócio-ambientais motivados pela UHE Porto Primavera no município de Anaurilândia – MS**. 2004. 171 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual, Presidente Prudente.

PARANHOS FILHO, Na.C. LASTORIA, G., TORRES, T.G. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução às Geotecnologias.: material didático**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2008.

PINHEIRO, E. S. & KUX, H. J. H. Imagens quickbird aplicadas ao mapeamento do uso e cobertura da terra do centro de pesquisas e conservação da natureza pró-mata. In: BLASCKE, T. e KUX, H. J. H. (Org.) **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. Tradução de H. Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 269-287.

PINTO, L.V.A. (et al) Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Rev. Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, jan./mar. (2005), p. 49-60.

ROCHA, C.H.B.; BRITO FILHO, L.F.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários- o caso de Mangaratiba –RJ. In: XAVIER DA SILVA, J. e ZAIDAN, R.T. (org.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p.259-299.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2ed. rev. Uberlândia/MG: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1992.

ROSS, J.L.S. **Análise Empírica dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia. FFLCH – USP, São Paulo, 1993. Disponível em: <http://www.semarh.ba.gov.br/gercom/analise_empirica.pdf>. Acesso em 15 de dez. de 2010.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1988.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.- (Coleção Milton Santos; 1).

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Ed. Oficina de Texto, 2004.

SANTOS, S. B. dos. **Análise do uso e ocupação do solo de áreas de preservação permanente utilizando ferramentas de SIG na gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.

SIGRH. Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>>. Acesso em 08 de Nov. de 2010.

SOARES, J.V. Morfologia de uma bacia de drenagem. In: **Introdução a Hidrologia de Florestas**. Disponibilizado em <<http://www.dpi.inpe.br/~camilo/hidro/pdf/cap3.pdf>. Acesso em 07/07/2009>.

SPÖRL, C., ROSS, J.L.S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo, n. 15, 2004.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. 2ª reimpressão. São Paulo: Ed. Oficia de Texto, 2003.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. - São José dos Campos: INPE, 2008

VIEGAS, A.V. **Manual do Produtor Rural: Propriedade Rural Sustentável**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/documentos/propriedade_rural_sustentavel_Alan_Viegas.pdf>. Acessado em 10 de ago. de 2010.

XAVIER DA SILVA, J. e ZAIDAN, R.T. (org). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

ANEXOS

Programa em LEGAL

```

{
// Pesos a ser aplicados
// declividade = 0.000
// mapa_solos2 = 0.000
// mapa_uso2009-2 = 0.000

// Razao de consistência
// CR = 0.000

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Tematico var1 ("declividade");
Tematico var2 ("mapa_solos2");
Tematico var3 ("mapa_uso2009-2");

Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategoriaIni = "declividade" ,
            "0-3":0.1,
            "3-6":0.25,
            "6-12":0.5,
            "12-20":0.75,
            "20-40":0.99);

Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategoriaIni = "mapa_solos2" ,
            "hidromorfico":0.99,
            "latossolo_vermelho":0.25,
            "argissolo":0.75,
            "litossolo_basaltico":0.99);

Tabela tab3 (Ponderacao);
tab3 = Novo (CategoriaIni = "mapa_uso2009-2" ,
            "pasto":0.90,
            "mata":0.25,
            "urbano":0.99,
            "varzea":0.99,
            "cultura":0.99,
            "agua":0.99,
            "solo_nu":0.90);

```

```

// Definicao do dado de saida

Numerico var4 ("fragilidade5");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="decli_rec");
var2 = Recupere (Nome="solo-T_rec");
var3 = Recupere (Nome="class2009-2-T");

// Criacao do dado de saida

var4 = Novo (Nome="fragilidade", ResX=30, ResY=30, Escala=30,
             Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var4 = 0.333*(Pondere(var1, tab1)) + 0.333*(Pondere(var2, tab2))+ 0.333*(Pondere(var3,
tab3));
}

```