

ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

Mestrado em Geociências e Meio Ambiente

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientadora: Dra. Lucília do Carmo Giordano

Rio Claro – SP

2014

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

ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA
(SP)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientadora: Dra. Lucilia do Carmo Giordano

Rio Claro - SP

2014

624.151 Amaral, Ana Maria Carrascosa do
A485z Zoneamento geoambiental do município de Casa Branca
(SP) / Ana Maria Carrascosa do Amaral. - Rio Claro, 2014
141 f. : il., figs., tabs., quadros + mapa

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Coorientador: Lucilia do Carmo Giordano

1. Geologia de engenharia. 2. Análise multicriterial. 3.
Compartimentação fisiográfica. 4. Geoprocessamento. I.
Título.

ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis - Orientador
Departamento de Geologia Aplicada / Instituto de Geociências e Ciências Exatas –
UNESP, Campus de Rio Claro

Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Departamento de Geologia Aplicada / Instituto de Geociências e Ciências Exatas –
UNESP, Campus de Rio Claro

Prof. Dr. Gerson Araújo de Medeiros
Prof. Do curso de Eng. Ambiental / Campus Experimental de Sorocaba - UNESP

Aprovada em: 27 de junho de 2014.

Rio Claro, SP.

Dedico esta conquista aos meus pais, por me colocarem no Mundo e por me darem a oportunidade de estar onde estou. Sou eternamente grata.

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a minha família, meus pais João e Sandra, pelos ensinamentos, e meus irmãos Ligya e Henrique, pelo companheirismo e amizade. Pai e mãe, vocês me proporcionaram a oportunidade de estar onde estou, acompanharam meus passos e me levantaram nas horas difíceis. Agradeço muito vocês por me darem todas as ferramentas para crescer, tudo que necessitei para ter uma carreira. Obrigada por acreditarem em mim, amo vocês.

Agradeço aos meus amigos que me deram total apoio para que eu terminasse a pesquisa, sem os quais eu não conseguiria aguentar o tranco: meus companheiros de aventuras de campo Claudinha e Fernando; o pessoal do “GEMA” e “Geminha”: Camila Chaves, Juliano, Flávio, Taís, Matheus, Tales, Tati, etc; minhas companheiras de conversas noturnas Dani e Laira, que me proporcionaram muitas risadas e muita diversão em momentos de descontração; minhas companheiras de casa Stephanie e Marina, agradeço pelo companheirismo, pelas conversas e pelo apoio. Agradeço de coração à minha amiga Cristiane Sargaço, que foi muito importante durante essa minha caminhada, que me deu conselhos valiosos e me ajudou a me tornar uma pessoa melhor e a entender melhor as circunstâncias da vida.

Também agradeço ao meu orientador, prof. Fábio Reis, pelas orientações, paciência e ajuda essencial no desenvolvimento da pesquisa. Agradeço sua esposa Lucilia, pelas dicas importantes. Agradeço o Alan, cuja ajuda foi muito importante para a finalização dos trabalhos de campo.

Agradeço ao meu namorado, Danilo (Lambari), que me apoio nos momentos mais difíceis, me dando força para continuar e me ajudando nos detalhes finais. Muito obrigada por estar ao meu lado quando mais precisei e por ser meu companheiro para todas as horas.

Por fim, agradeço a Deus, por ser a força maior da minha existência, por ser meu guia no caminho para uma vida tranquila e equilibrada.

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

RESUMO

Os estudos geoambientais, embora recentes, ganham cada vez mais espaço como uma importante ferramenta do planejamento ambiental. O zoneamento possibilita a determinação dos potenciais e limitações de uso dos recursos naturais, o que facilita um melhor aproveitamento da área, visando a sua sustentabilidade. As zonas geoambientais são definidas por meio de levantamentos setoriais e/ou integrados dos recursos naturais e do meio ambiente, com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento. A pesquisa tem como principal objetivo elaborar a carta de zoneamento geoambiental do município de Casa Branca (SP), na escala 1:50.000, considerando critérios fisiográficos, geológico-geotécnicos e de uso e ocupação da terra, incluindo a localização das Áreas de Preservação Permanente (APPs). O município sofre com problemas relacionados à falta de planejamento urbano, visto que existem muitas voçorocas na região. As etapas metodológicas do zoneamento incluem: a compartimentação fisiográfica, o mapeamento do uso e cobertura da terra, localização das APPs, trabalhos de campo e, por fim, a integração das informações obtidas. Após a execução de todas as etapas, obteve-se uma carta de zoneamento geoambiental, a partir da qual foram feitas interpretações, para cada unidade, acerca da suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico (movimentos de massa, erosão, assoreamento e inundação), com o intuito de auxiliar no planejamento e nas decisões relacionadas às questões ambientais, assim como disponibilizar uma base de dados para futuras pesquisas ambientais na região. Como resultado, foram definidas 4 Unidades Geoambientais, com destaque para unidade D, pelo alto grau de suscetibilidade para a ocorrência de processos do meio físico, principalmente erosão linear, sendo, portanto, áreas restritas para a ocupação urbana. No entanto, a cidade está inserida dentro desta unidade, o que denota a necessidade de um planejamento para a expansão urbana no município, para que problemas com erosão sejam evitados ou minimizados.

Palavras-chave: Análise Multicriterial. Compartimentação Fisiográfica. Geoprocessamento.

ABSTRACT

Geoenvironmental studies, although recent, are increasingly gaining importance as an environmental planning tool. The geoenvironmental zoning allows the determination of the potential and limitations of natural resources use, which facilitates a better use of the area, seeking their sustainability. Geo-environmental zones are defined by sectorial and/or integrated surveys of natural resources, using techniques of remote sensing and geoprocessing. This project has as main objective the development of a geo-environmental zoning in Casa Branca, state of São Paulo, at scale of 1:50.000, considering physiographic, geological/geotechnical and use and occupancy of land criteria, including location of Permanent Preservation Areas (PPA). The city suffers from problems related to lack of urban planning, seeing that there are many gullies in the region. The methodological steps of the zoning include: physiographic subdivision of the area, the mapping of land cover and use, the location of PPA's, fieldwork, and lastly, the integration of information obtained. After the execution of all project stages, the map of geo-environmental zoning of study area was obtained, from which interpretations were made for each unit about susceptibility for physical processes occurrence (mass movement, erosion, siltation and flooding) aiming to assist in planning and decisions about environmental issues, and also to provide a database for future environmental research in the area. As a result, were defined 4 Geoenvironmental Units, with emphasis on Unit D, by the high level of susceptibility for physical processes occurrence, mainly linear erosion, are therefore restricted areas for urban occupation. However, the city is within this unit, which indicates the need for planning for urban expansion in the city, so that erosion problems are avoided or minimized.

Keywords: Multi-criteria Analysis. Physiographic Subdivision. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases e etapas de trabalho.....	30
Figura 2. Ferramenta Reclassify do ArcGis 10.1.....	48
Figura 3. Ferramenta Raster Calculator utilizada na análise multicriterial.....	49
Figura 4. Localização da área de estudo.....	51
Figura 5. Lagoa Natural próxima ao Distrito Lagoa Branca, em Casa Branca (SP)..	58
Figura 6. Precipitação média mensal em Casa Branca.....	59
Figura 7. Temperatura média mensal do ar em Casa Branca.....	59
Figura 8. Mapa de unidades fisiográficas na região de Casa Branca.....	63
Figura 9. Banda 5 do satélite Landsat 8 com realce Laplaciano.....	68
Figura 10. Banda 8 do satélite Landsat 8 com aumento de contraste.....	69
Figura 11. Imagem 3D do Modelo Numérico de Terreno.....	70
Figura 12. Imagens SPOT para mapeamento de uso e cobertura.....	71
Figura 13. Cena SF-23-V-C-V-4-NE do satélite SPOT.....	72
Figura 14. Mineração de argila na área de estudo.....	74
Figura 15. Distribuição das classes de uso e cobertura da terra.....	74
Figura 16. Histograma de distribuição dos intervalos de classes definidos para o Zoneamento geoambiental.....	80
Figura 17. Intervalo de valores de cada Unidade Geoambiental.....	81
Figura 18. Antiga extração de brita – Pedreira abandonada na área de estudo.....	83
Figura 19. Solo preparado para cultura temporária em área de terras roxas com blocos de diabásio alterado.....	83
Figura 20. Feições erosivas em encosta convexa na Unidade Geoambiental.....	85
Figura 21. Voçoroca coberta por vegetação, demonstrando maior estabilidade.....	86
Figura 22. Áreas de ocorrência de voçorocas, danificando construções e muito próximas à área urbana.....	87
Figura 23. Erosão fluvial na área de APP (solapamento das margens do rio).....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipos de zoneamentos.....	20
Quadro 2. Etapas do processo de fotointerpretação pelo método lógico.....	28
Quadro 3. Classes de declividade e recomendações de uso.....	36
Quadro 4. Análise e interpretação dados geológicos em imagens de sensoriamento remoto.....	38
Quadro 5. Critérios analíticos na compartimentação fisiográfica.....	40
Quadro 6. Sistema de classes de uso e ocupação da terra.....	42
Quadro 7. Critérios utilizados para definição dos pesos das unidades Fisiográficas	47
Quadro 8. Classes de fragilidade do uso e cobertura da terra.....	47
Quadro 9. Classe de fragilidades do solo.....	56
Quadro 10. Dados coletados de chuvas médias dos meses mais chuvosos em Casa Branca.....	60
Quadro 11. Critérios para individualização de unidades fisiográficas em Casa Branca	62
Quadro 12. Nomenclatura das zonas e subzonas geoambientais em Casa Branca	63
Quadro 13. Áreas de APPs em Casa Branca.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de transformação geodésica Molodensky.....	33
Tabela 2. Valores ótimos de n para X_c e para $\alpha=0,05$ e $P_u=0,85$, e correspondentes valores de β para $P_p=0,9$; $0,95$ e $0,99$	45
Tabela 3. Área de APPs em Casa Branca.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DATUM – dado (latim)

GPS – *Global Positioning System*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*

MDE – Modelo Digital de Elevação

MNT – Modelo Numérico de Terreno

PIXEL – *Picture and element*

SIEFLOR – Sistema Estadual de Florestas

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SP – Estado de São Paulo

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

TIN – *Triangular Irregular Network*

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

USP – Universidade de São Paulo

UTM – *Universal Transversa de Mercator*

WGS – *World Geodetic System*

ZA – Zoneamento Ambiental

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
3. EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	19
3.1. Planejamento Ambiental.....	19
3.2. Zoneamento.....	20
3.2.1. Zoneamento Geoambiental	21
3.3. Compartimentação Fisiográfica.....	24
3.3.1. A análise e interpretação de produtos de Sensoriamento Remoto para a compartimentação fisiográfica.....	27
4. MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA	30
4.1. Etapas da pesquisa.....	30
4.2. Desenvolvimento da pesquisa.....	31
4.2.1. Levantamento bibliográfico	31
4.2.2. Levantamento do material cartográfico e de Sensoriamento Remoto.....	31
4.2.3. Elaboração da base cartográfica	33
4.2.4. Tratamento das imagens de Sensoriamento Remoto	34
4.2.5. Geração dos produtos auxiliares	34
4.2.6. Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica	36
4.2.7. Elaboração do Mapa de Localização das APPs.....	40
4.2.8. Elaboração do Mapa de uso e Cobertura da Terra	42
4.2.9. Atividades de campo para reinterpretação dos produtos preliminares.....	43
4.2.10. Verificação da exatidão cartográfica do mapeamento	43
4.2.11. Integração dos dados e elaboração da Carta de Zoneamento Geoambiental....	46
4.2.12. Análise dos resultados e conclusões	49
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
5.1. Características gerais	50
5.2. Aspectos Geomorfológicos	51
5.3. Aspectos Geológicos	53
5.3.1. Complexo migmatítico-granítico do Embasamento Cristalino.....	53
5.3.2. Sub-Grupo Itararé.....	54
5.3.3. Formação Serra Geral	54

5.3.4. Formação Piraçununga	54
5.3.5. Sedimentos Quaternários	55
5.4. Aspectos Pedológicos.....	55
5.5. Aspectos Hidrográficos.....	57
5.6. Aspectos Climáticos.....	58
5.7. Características de Uso e Cobertura da Terra	60
5.8. Trabalhos anteriores	61
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
6.1. Produtos auxiliares para a realização da compartimentação fisiográfica e tratamento das imagens de SR.....	66
6.2. Mapa de localização das APPs.....	72
6.3. Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	73
6.3.1. Exatidão cartográfica	75
6.4. Carta de Compartimentação Fisiográfica	75
6.4.1. Unidade I – Planície Aluvionar	76
6.4.2. Unidade II – Areias e Cascalheiras em média encosta.....	76
6.4.3. Unidade III - Sub-Grupo Itararé em média/baixa encosta	77
6.4.4. Unidade IV - Areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas	78
6.4.5. Unidade V – Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas ..	78
6.4.6. Unidade VI - Granitos e migmatitos em relevo de colinas.....	79
6.5. Carta de Zoneamento Geoambiental	79
6.6.1. Unidade Geoambiental A	81
6.6.2. Unidade Geoambiental B	84
6.6.3. Unidade Geoambiental C	85
6.6.4. Unidade Geoambiental D	86
7. CONCLUSÕES	90
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
APÊNDICES.....	106
APÊNDICE 1 – Mapa Geomorfológico	107
APÊNDICE 2 – Mapa Geológico.....	109
APÊNDICE 3 – Mapa de hidrografia e curvas de nível.....	111
APÊNDICE 4 – Mapa de distribuição de chuvas médias.....	113
APÊNDICE 5 – Mapa hipsométrico.....	115
APÊNDICE 6 – Mapa de declividade	117

APÊNDICE 7 – Relação de pontos classificados em campo	119
APÊNDICE 8 - Quadro de fotoanálise e fotointerpretação	125
APÊNDICE 9 – Pranchas descritivas das Unidades Fisiográficas	127
APÊNDICE 10 – Mapa de localização das APPs	134
APÊNDICE 11 – Mapa de uso e cobertura da terra	136
APÊNDICE 12 – Carta de Compartimentação Fisiográfica.....	138
APÊNDICE 13 – Carta de Zoneamento Geoambiental.....	140

1. INTRODUÇÃO

As primeiras informações históricas sobre planejamento do território descrevem aldeias ligadas à pesca e agricultura, onde a organização do espaço levava em consideração aspectos ambientais como topografia e microclima. Os gregos foram os primeiros a demonstrar preocupação sobre os impactos produzidos pelo homem em centros urbanos, sendo Aristóteles (384–322 a.C.) considerado o “grande teórico da cidade”. Esta perspectiva de planejamento voltado à cidade perdurou no tempo, formulando uma base teórica sobre construções de núcleos populacionais.

Na Europa, no final do século XIX, não havia preocupação com a preservação dos elementos da natureza aliados a construção de cidades (SANTOS, 2004). No entanto, ao longo do século XX, a construção de grandes obras que causaram impactos negativos, assim como os novos modelos de desenvolvimento voltados ao consumo, fez com que comesçassem a surgir debates sobre a qualidade de vida e a necessidade de proteção aos recursos naturais. Assim, iniciou-se uma onda de movimentos preservacionistas que, aliado aos avanços da ciência, forçaram a sociedade a definir um novo paradigma que incorporasse as questões ambientais no planejamento, expresso na forma de política ambiental.

O termo “desenvolvimento sustentável” foi utilizado pela primeira vez em 1950 na IUCN (*World Conservation Union/International Union Conservation of Nature*) e, somente em 1987, com a apresentação do relatório “Nosso futuro comum” pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), constituída por especialistas coordenados pela ministra norueguesa Gro Brundtland, o termo foi oficializado. O modelo de desenvolvimento sustentável visa o atendimento às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

Os princípios do desenvolvimento sustentável são implementados por intermédio do Planejamento Ambiental, pois este implica na determinação de um modelo do território que tem por finalidade o aproveitamento sustentável dos recursos, garantindo sua proteção e sua qualidade (CAVALCANTI, 1997). Segundo Ross (1998), a implantação do Planejamento Ambiental como princípio do desenvolvimento sustentável objetiva encontrar meios que possibilitem a convivência

harmônica entre a natureza e a sociedade, conciliando o crescimento econômico e a melhoria das condições sociais com o meio ambiente.

Como marco da inserção do planejamento no Brasil, em 1981, foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei 6.938/81), que tem por objetivo “(...) a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981). A PNMA estabelece diversos instrumentos para atingir os objetivos nela instituídos: o Zoneamento Ambiental, a Avaliação de Impactos Ambientais, o Licenciamento e o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente, entre outros. Dentre eles, evidenciam-se os zoneamentos, pois estes fornecem subsídios às políticas de planejamento estratégico nos mais distintos níveis de gerenciamento (ROSS, 1998).

O Zoneamento Geoambiental possibilita a determinação dos potenciais e limitações de uso dos recursos naturais por meio das condições ecogeodinâmicas da paisagem, possibilitando um melhor aproveitamento da área, visando sua sustentabilidade. As zonas geoambientais são definidas por meio de levantamentos setoriais e/ou integrados dos recursos naturais e do meio ambiente, com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto aéreo, orbital e de geoprocessamento, nas quais se incluem os municípios (MORAES, 2007). O produto do zoneamento é representado em um Mapa (ou Carta) Geoambiental.

Considerando a importância dos conhecimentos acerca dos sistemas geoambientais para o planejamento, surge a necessidade de sua elaboração no território brasileiro para o delineamento de prognósticos dos problemas ambientais em uma visão holística temporo-espacial, com o intuito de compreender e adequar a relação do homem com a natureza.

O município de Casa Branca possui 28.312 habitantes (IBGE, 2010), sendo considerado de pequeno porte. Por este motivo, possui poucos recursos financeiros para custear projetos que abordem as especificidades físicas do município, como é o caso do zoneamento geoambiental. Além do mais, Casa Branca sofre com problemas relacionados à falta de planejamento urbano, visto que existe 332 voçorocas na região (FURLANI, 1980), sendo algumas consideradas pontos turísticos pela população, que desconhecem os riscos que este tipo de erosão oferece às moradias do entorno. Portanto, torna-se necessário a elaboração de

estudos relacionados ao meio físico para auxiliar no planejamento ambiental e nas decisões de agentes públicos e privados relacionados às escolhas locacionais e gestão dos recursos naturais, assegurando a conservação dos ecossistemas, a manutenção do capital e a qualidade de vida à população.

2. OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo principal a elaboração da Carta de Zoneamento Geoambiental no município de Casa Branca, estado de São Paulo, na escala 1:50.000, considerando critérios fisiográficos, geológico-geotécnicos e de uso e ocupação da terra, incluindo a localização das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Definir as potencialidades e fragilidades do meio quanto ao uso e cobertura da terra e ocorrência de processos de dinâmica superficial das unidades estabelecidas (movimentos de massa, erosão, assoreamento e inundação);
- Avaliar a adequabilidade da ocupação urbana de acordo com as potencialidades e limitações definidas;

3. EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1. Planejamento Ambiental

Planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de métodos e procedimentos, para chegar às melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Existem vários tipos de planejamento, os de abrangência local, municipal, estadual, regional, de âmbito nacional e internacional. De acordo com o escopo, com as atividades preponderantes ou natureza, o planejamento pode ser socioeconômico, agrícola, arquitetônico, ambiental, entre outros. O planejamento pode ser direcionado a um determinado projeto ou atividade, como também pode envolver várias atividades ou integrar diversas áreas de trabalho.

De acordo com Petak (1980), existem apenas dois tipos de planejamento, o tradicional ou tecnológico, voltado à solução de problemas e ao cumprimento de tarefas, e o ambiental ou ecológico, com uma abordagem preditiva, priorizando os fins. Para Slocombe (1993), o planejamento tradicional enfoca comunidades e sua população, a economia, a infraestrutura e o uso da terra, sendo baseado em metas, planos e regulamentos, enquanto que o ambiental enfoca o meio biofísico onde vive a população, e analisa os efeitos de atividades de desenvolvimento e de outros planejamentos.

O planejamento ambiental visa adequar as ações à potencialidade, vocação local e à capacidade suporte da área, buscando seu desenvolvimento e a manutenção da qualidade dos ambientes físico, biológico e social. O resultado do planejamento é o melhor aproveitamento dos recursos naturais e do espaço físico, a economia de energia, a realocação ou priorização de recursos para necessidades prementes e a previsão de situações. O planejador primeiro compartimenta o espaço, buscando entender melhor cada parte que compõe o ambiente, e depois o integra para entender suas interações e otimizá-las.

3.2. Zoneamento

Como já citado anteriormente, o planejamento ambiental envolve a utilização de ferramentas, como é o caso do zoneamento ambiental do território, objeto desta pesquisa, a avaliação de impacto ambiental, dentre outras (BRASIL, 1981).

O zoneamento consiste na compartimentação de uma área em porções territoriais relativamente homogêneas, com estrutura e funcionamento uniforme, denominadas zonas (ou unidades de zoneamento). Erroneamente, adota-se o termo zoneamento como sinônimo de planejamento. Na realidade, o zoneamento é uma ferramenta que representa uma etapa do planejamento. Quando o zoneamento está finalizado, é feito o planejamento, no qual são estabelecidas diretrizes e metas a serem alcançadas dentro de um cenário temporal para os espaços desenhados no zoneamento.

Para Cadavid García (1991), o zoneamento é mais que identificar, localizar e classificar atributos de um determinado local; ele deve ser entendido, também, como o resultado de análises dinâmicas e regionalização de atributos relevantes, obtendo assim, a integração dessas análises.

Assim como os modelos de planejamento, os zoneamentos são determinados de acordo com os objetivos pré-estabelecidos e a natureza dos indicadores e interações utilizadas durante o trabalho, possibilitando a existência de uma gama de zoneamentos, como, por exemplo, o ambiental, climático, urbano, dentre outros. No Quadro 1 estão apresentados alguns exemplos de tipos de zoneamentos.

Quadro 1. Tipos de zoneamentos.

PREVISTOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	NÃO PREVISTOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA
Agroecológico	Agrícola
Ambiental	Agropedoclimático
Ecológico-econômico (ZEE)	Climático
Estatuto da terra	Ecológico
Industrial	Edafoclimático por cultura agrícola
Ruído	Geoambiental
Unidades de Conservação (Lei SNUC)	Locação de empreendimentos
Urbano	
Uso e atividades (Gerco)	

Fonte: Silva e Santos, 2004 (modificado).

Os planejamentos que visam à conservação e preservação ambiental devem dar prioridade aos tipos de zoneamento cujo produto reproduza a integração de fatores representativos da área de estudo. Nesses casos, as zonas normalmente expressam as vocações, potencialidades, fragilidades, suscetibilidades, acertos e conflitos de um território.

Como exemplo de tipo de zoneamento, pode-se citar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), regulamentado pelo Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, tendo por objetivo “organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas” (BRASIL, 2002). O zoneamento ecológico envolve o conceito de unidades homogêneas da paisagem (PIVELLO et al., 1998), o zoneamento agrícola define as zonas a partir das limitações das culturas, exigências bioclimáticas e riscos de perda da produção agrícola (ROSSETI, 2001) e o agroecológico baseia-se na aptidão agrícola e na limitação ambiental para o ordenamento dos meios rural e florestal (SÁNCHEZ, 1991).

De acordo com Rodriguez (2003), existem duas concepções de zoneamento ambiental: o Zoneamento como inventário, que significa determinar a organização ambiental ou geoambiental do território, e o Zoneamento Geoambiental – que na literatura de zoneamento das paisagens é a proposta de como usar o território em três níveis, os usos funcionais (que tipo de uso se pode utilizar), a intensidade de uso (capacidade de suporte que podem ter os sistemas), e, por último, quais as medidas, as providências que devem ser tomadas para por em prática esse modelo de uso da paisagem (modelo ambiental).

3.2.1. Zoneamento Geoambiental

O termo geoambiental, adotado pela *International Union of Geological Sciences* (IUGS), foi criado para denominar a atuação dos profissionais de geociências em meio ambiente, a qual contempla aplicações dos conhecimentos técnicos do meio físico aos diversos mecanismos e instrumentos de gestão ambiental, utilizando a cartografia como ferramenta, que inclui o uso do Sistema de

Informações Geográficas (SIG) e de bancos de dados. Segundo Aswathanarayana (1995), o termo “geoambiental” refere-se às porções da litosfera que são afetadas pela ação humana, composta por solos, rochas, fluidos, gases e organismos.

Um dos principais objetivos dos estudos geoambientais é o fornecimento de informações integradas sobre as principais características do meio físico e seu comportamento frente às várias formas de uso e ocupação. Este tipo de estudo também é empregado direta ou indiretamente como instrumento de gestão ambiental de empreendimentos, como, por exemplo, minerações, hidrelétricas, estradas, túneis, gasodutos, unidades de conservação, aterros sanitários, indústrias, planos diretores municipais, geoturismo, entre outros, assim como na avaliação de impactos sobre o meio físico, na recuperação de áreas degradadas, no monitoramento ambiental, em auditorias ambientais, etc (DA SILVA & DANTAS, 2010).

Segundo definição de JIMENEZ-RUEDA et al. (1995):

(...) o levantamento geoambiental consiste no exame sistemático de uma região com a finalidade de obter informações das variáveis litológicas, fisiográficas, climáticas, morfoestruturais e coberturas/unidades de alteração intempérica, definindo com isto, as zonas geoambientais, as quais apresentam as potencialidades e suporte do meio físico, de acordo aos condicionadores naturais, em função dos modificadores sócio-econômicos (JIMENEZ-RUEDA et al., 1995, p.328).

Em seu trabalho, os autores Chistian e Stewart (1953) descrevem as características geoambientais da área de estudo enfatizando a necessidade da compartimentação da área em unidades geomorfológicas, subdividida com base nos processos e formas do terreno. Essa abordagem baseia-se no princípio de que terrenos que possuem aspectos fisiográficos similares e história tectônica e climática parecidas deveriam apresentar comportamento semelhante (VEDOVELLO & MATTOS, 1998).

Grecchi (1998) realizou o zoneamento geoambiental na região do município de Piracicaba (SP), com base na análise de atributos do meio físico (geologia, hidrologia, solos, etc), através da compartimentação do terreno em “landforms”. As unidades geoambientais estabelecidas em seu trabalho foram descritas em relação a aptidão agrícola, erosão, vulnerabilidade do aquífero e disposição de rejeitos (STEFANI, 2003).

Cendrero (1990) identifica duas linhas metodológicas para a elaboração de mapas geoambientais: a abordagem analítica, na qual é elaborada uma série de produtos separados (mapas temáticos) que posteriormente são cruzados, diretamente ou em associações específicas, até se chegar num mapa final de síntese (ROSS, 1995); e a abordagem sintética, na qual são utilizadas técnicas de fotoanálise para a definição de unidades homólogas do terreno. A compartimentação fisiográfica, metodologia abordada na pesquisa, segue a linha metodológica sintética, uma vez que não há cruzamento de mapas temáticos.

Os conceitos pioneiros de mapas geoambientais foram introduzidos por pesquisadores do IBGE, os quais definiam a área de estudo em macrocompartimentos, hierarquizados em Domínios, Regiões e Geossistemas, indicando o arranjo estrutural do relevo decorrente de aspectos geológicos, geotectônicos e paleoclimáticos, constituindo-se em unidades naturais de planejamento (DEL'ARCO, 1999).

Seguindo a abordagem analítica, Corrêa e Ramos (1995) elaboraram o mapa geoambiental a partir de análises e correlação de parâmetros de cartas temáticas de relevo, solo, geologia, clima, aptidão das terras, vegetação e uso e ocupação. Ohara (1995) desenvolveu o zoneamento geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul, estado de São Paulo, com base em técnicas de sensoriamento remoto, assim como Franzoni (2000), que utilizou o zoneamento para a avaliação do traçado e manutenção da rede viária na ilha de Santa Catarina.

A metodologia sintética, adotada pela SGB/CPRM (Serviços Geológicos do Brasil) a partir de 1994, em geral é aplicada em regiões metropolitanas e em bacias hidrográficas, e prevê a elaboração do Mapa Geoambiental baseado na morfolitoestrutura, desenvolvido por Theodorovicz e Theodorovicz (1994) na escala de 1:100.000, o qual caracteriza qualitativamente os diferentes aspectos do meio físico quanto à sua potencialidade e fragilidade, baseando-se, principalmente, na definição de unidades homólogas, estabelecendo Domínios e Subdomínios com base na fotointerpretação, destacando-se a análise lógica de drenagem e relevo, conforme Guy (1966) e Rivereau (1972), e as lineações estruturais. A atividade é complementada com estudos de campo sobre o relevo, formações superficiais, sistemas hidrográficos, solos e substratos rochosos.

Segundo Pilachevsky (2013), na bibliografia ainda não existe um consenso acerca de como estabelecer os limites das zonas geoambientais. Alguns autores

sugerem o uso das unidades geológicas como limites das zonas geoambientais, como é o caso de Rivas et al. (1994). Ohara (1995), assim como Rivas et al. (1994), considera como limite das zonas as rupturas de declividade, que estão geralmente associadas ao limite litológico ou geológico, e com menos frequência a limites erosivos e de descontinuidade estrutural.

Vedovello e Mattos (1998) salientam que a utilização de técnicas de compartimentação fisiográfica do terreno permite o aumento da precisão cartográfica e a minimização dos problemas relacionados aos limites, pois esta técnica permite que os diversos elementos que constituem o meio físico sejam analisados (CORRÊA, 2013).

De forma geral, os procedimentos para a elaboração do zoneamento geoambiental envolve as seguintes etapas: 1ª) compartimentação do terreno, com a delimitação das zonas com características fisiográficas semelhantes; 2ª) caracterização das unidades em termos geotécnicos, geológicos e geográficos; 3ª) avaliação e classificação das unidades em termos de potencialidades e fragilidades relativas aos objetivos do zoneamento, obtendo a cartografia temática final ou síntese (VEDOVELLO & MATTOS, 1998; SILVA et al., 2010).

3.3. Compartimentação Fisiográfica

Segundo Maia (2003), fisiografia é um termo utilizado para referir-se às avaliações do terreno baseadas nos elementos do meio físico. Os métodos de compartimentação fisiográfica objetivam agrupar elementos constituintes do meio físico de acordo com as suas semelhanças e diferenças, e têm sido utilizados nos mais diversos trabalhos que tratam de planejamento territorial. O resultado da compartimentação é a divisão da área em Unidades Básicas de Compartimentação, que podem ser utilizadas nos mais diversos tipos de estudo do meio físico (CEZAR, 2011). Como exemplo, Lisboa (2008) utilizou imagens de satélite para a caracterização do meio físico no município de Cujubim, estado de Rondônia, com a finalidade de dar subsídio a projetos de colonização.

Ross (1995) apresenta duas nomenclaturas para a elaboração de análises do meio físico, a “análise integrada”, que permite a elaboração de um produto cartográfico único por meio da análise integral dos elementos ambientais para a identificação de diferentes unidades que refletem limites concretos no espaço, e a

“análise multi-temática”, na qual se tem um conjunto de produtos obtidos separadamente, o que dificulta a integração dos dados, bem como sua análise posterior. Essas metodologias se correlacionam com as análises sintética e analítica de Cendrero (1990), respectivamente.

Para Crepani et al. (1996), o simples cruzamento de planos de informações ou mapas temáticos tem como consequência a perda de informações de importância inestimável que seriam analisadas por meio do conhecimento do especialista ao realizar a interpretação das imagens de satélites. Segundo esses autores, a integração de informações disponíveis sobre estas imagens, simultaneamente à sua interpretação, conduz a melhores resultados, pois, desta forma, o meio ambiente pode ser entendido de maneira holística.

As autoras Cunha e Mendes (2005) utilizam o termo “análise integrada”, assim como Ross (1995), e apoiam-se nos conceitos geomorfológicos de Tricart (1965) e também nos pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas. Em seu trabalho, as autoras entendem as formas do relevo como fruto da interação de vários fatores, como estrutura geológica, clima atual e passado e atividades antrópicas, cujas relações interferem nas características dos solos e da cobertura vegetal. Sendo assim, as autoras consideram o conhecimento geomorfológico como o elemento que define a unidade espacial de trabalho. Contudo, a estas informações geomorfológicas agregam-se outras informações que também auxiliaram na identificação dos processos geomórficos e na definição de suscetibilidades potenciais da área de estudo.

Tricart (1977) defende que as unidades ecodinâmicas, que são compostas por elementos do meio físico e biótico e constituem um sistema ambiental de troca de energia e matéria, podem estar confinadas a vários estágios de equilíbrio. Este equilíbrio é denominado equilíbrio dinâmico, o qual pode sofrer alterações devido à intervenção antrópica, o que leva a uma situação de instabilidade geomorfológica, desencadeando processos de erosão acentuada, com a perda do solo, degradação ambiental e consequente assoreamento dos corpos d’água a jusante das bacias fluviais.

Este conceito está relacionado à definição de ecossistemas, que enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente. No entanto, não se trata apenas de um conceito, e sim de uma metodologia baseada na dinâmica dos ecótopos, denominada Ecodinâmica

(TRICART, op. cit), no qual o ambiente é analisado sob o enfoque da Teoria dos Sistemas. Segundo o mesmo autor, a abordagem sistêmica contribui fortemente para a geografia física, possibilitando a integração de conhecimentos anteriormente isolados e a correção do excesso unilateral da atitude analítica.

A utilização do instrumento lógico dos sistemas propicia a rápida capacidade de discernimento das alterações indiretas causadas por uma intervenção que atinge determinado elemento do ecossistema. Para Tricart (1977), o sistema é definido como:

Um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema (TRICART, 1977, p.19).

O autor distinguiu três grandes meios morfodinâmicos em função dos processos atuais: meios estáveis, no qual o modelo evolui lenta e constantemente, contribuindo para a permanência de combinações de fatores no tempo; meios intergrades, que são transicionais entre os meios instável e estável, no qual há um relativo equilíbrio entre processos pedogenéticos e morfogenéticos; e os meios fortemente instáveis, no qual há predominância da morfogênese, determinando o sistema natural ao qual os outros elementos estão subordinados.

Segundo Paula et al. (2008, p. 250), a vantagem da aplicação da compartimentação no planejamento ambiental consiste na geração de um único produto cartográfico que sintetiza as características de relevo, solo, geologia, vegetação, uso e cobertura da terra e socioeconômicas. Índícios da utilização de técnicas de compartimentação em unidades fisiográficas, sem essa denominação, data já do início do século XX, como o trabalho de Herbertson (1905), que, baseado em comparações entre geologia, clima, vegetação e orografia, definiu as divisões naturais da Terra. Em seu trabalho, Cardoso et al. (2009) utilizou imagens orbitais e sistemas de informações geográficas para a realização da compartimentação fisiográfica através da aplicação do método de análise integrada

Segundo Vedovello (1993), na prática, a compartimentação fisiográfica é efetuada analisando-se um ou alguns dos elementos responsáveis pelas variações fisiográficas significativas em um dado nível hierárquico, ao invés de todos os

elementos do meio físico. Entretanto, esse procedimento é aceitável, pois, conforme cita Maretti (1989), as propostas de compartimentação possuem como princípio básico a correlação natural entre os elementos do meio físico, portanto, a escolha de um ou alguns desses elementos serve para se identificar unidades nas quais ocorrem associações específicas.

Na pesquisa em questão, será utilizada a técnica de “análise integrada” para a elaboração da compartimentação fisiográfica, na qual será elaborado um documento cartográfico que agrupe as unidades fisiográficas definidas durante o estudo. A dificuldade em se utilizar a “análise multi-temática” se deve à ausência de mapas na mesma escala do projeto em questão, 1:50.000.

3.3.1. A análise e interpretação de produtos de Sensoriamento

Remoto para a compartimentação fisiográfica

Em termos gerais, a fotointerpretação pode ser conceituada como uma “técnica que realiza o estudo de imagens fotográficas, buscando identificar, interpretar e obter informações sobre os fenômenos e objetos nelas contidos” (FITZ, 2008). Este autor coloca que, apesar de, conceitualmente, a fotointerpretação estar vinculada à aerofotointerpretação, ou seja, fotos aéreas, ela pode ser estendida à interpretação de imagens de satélite e de radar, quando estas estão trabalhadas na faixa do visível, pois são imagens verticais ou próximas disso.

Existem vários procedimentos de espacialização e individualização de unidades do meio físico, como as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Deste modo, a compartimentação fisiográfica pode ser realizada por meio da utilização de processos de fotointerpretação sistemáticos de imagens de satélite, pela análise das várias propriedades da rede de drenagem e relevo, a partir da homogeneidade e similaridade das unidades da paisagem (VEDOVELLO, 1993) e pela definição de Unidades Territoriais Básicas (CREPANI et al., 1996), pela integração de unidades naturais e antropizadas da paisagem.

Os primeiros trabalhos que efetivamente sistematizaram os métodos de fotointerpretação geológica e geoambiental surgiram com Guy (1966), que desenvolveu o método lógico de fotointerpretação. Este autor escreveu sobre a importância da utilização de fotografias aéreas para a interpretação e o mapeamento geológico, destacando alguns procedimentos de interpretação. Rivereau (1972) deu

sua contribuição ao método criado por Guy (1966) com o estabelecimento de parâmetros para a interpretação de texturas e estruturas das feições na imagem. Baseando-se nos trabalhos de Guy (1966) e Rivereau (1972), Soares e Fiori (1976) foram os primeiros brasileiros a contribuir para o método de fotointerpretação geológica. Segundo estes autores, o processo de fotointerpretação envolve, num primeiro momento, a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, em seguida, a descoberta ou a avaliação do significado e função dos objetos e suas relações. As três etapas da fotointerpretação apresentadas por esses autores está resumida no Quadro 2.

Quadro 2. Etapas do processo de fotointerpretação pelo método lógico.

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ETAPAS
Fotoleitura	Reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição
Fotoanálise	Estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes da imagem
Fotointerpretação	Estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens

Fonte: Adaptado de Soares e Fiori (1976).

Para Soares e Fiori (1976), as principais características a serem observadas na etapa de fotoanálise são o tipo de elemento de textura (relevo ou drenagem), densidade de textura (quantidade de elementos texturais do mesmo tipo por unidade da área de imagem), arranjo textural (maneira, estruturada ou não, como os elementos se dispõem espacialmente), grau de estruturação (maior ou menor evidência ou definição da organização espacial dos elementos em função do seu arranjo textural) e a ordem de estruturação (complexidade de organização dos elementos texturais) (VEDOVELLO & MATTOS, 1998).

Zaine (2011) fez um resgate dos trabalhos de Guy (1966), Rivereau (1972), Soares e Fiori (1976), e de outros autores que contribuíram para o método de fotointerpretação geológica, e elaborou uma metodologia sistematizando e unificando os procedimentos propostos por esses autores, apresentando quadros de análise e interpretação fotogeológica para a realização de compartimentação fisiográfica. Nos quadros apresentados por este autor também existem informações

sobre características geotécnicas relacionadas às classes de elementos de drenagem e relevo.

Veneziane e Anjos (1982), baseados no trabalho de Guy (1966), fizeram uma adaptação do método lógico de fotointerpretação, propondo a utilização de imagens *Landsat* como ferramenta para a realização de mapeamentos geológicos em curtos períodos de tempo em relação aos métodos tradicionais. A intenção dos autores era utilizar os princípios da fotointerpretação também para imagens de satélite, passando a difundir esses conhecimentos. Nesta pesquisa, foram adotadas as adaptações desses autores, pois foram utilizadas somente imagens de satélite e produtos auxiliares para a compartimentação fisiográfica da área de estudo.

Florenzano (2002) destaca que, em fotografias ou imagens sem o recurso de estereoscopia (visão tridimensional), a alternativa para se ter a representação em três dimensões é através da integração da imagem de satélite ou radar com dados de altitude, que pode ser um Modelo Digital de Terreno (MDT). Tal alternativa é possível utilizando-se um SIG, pois este permite integrar dados geográficos de diferentes fontes.

Nascimento e Garcia (2005) salientam que a utilização de processos de fotointerpretação sistemáticos em imagens de satélites, por meio da identificação da homogeneidade das unidades da rede de drenagem e da definição das Unidades Básicas de Compartimentação, auxilia e são fundamentais para a realização da compartimentação fisiográfica.

4. MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA

4.1. Etapas da pesquisa

A pesquisa se dividiu em três fases principais, a coleta dos dados, a organização, tratamento e interpretação dos dados e a formulação das conclusões, englobando as etapas representadas no fluxograma da Figura 1 e descritas posteriormente.

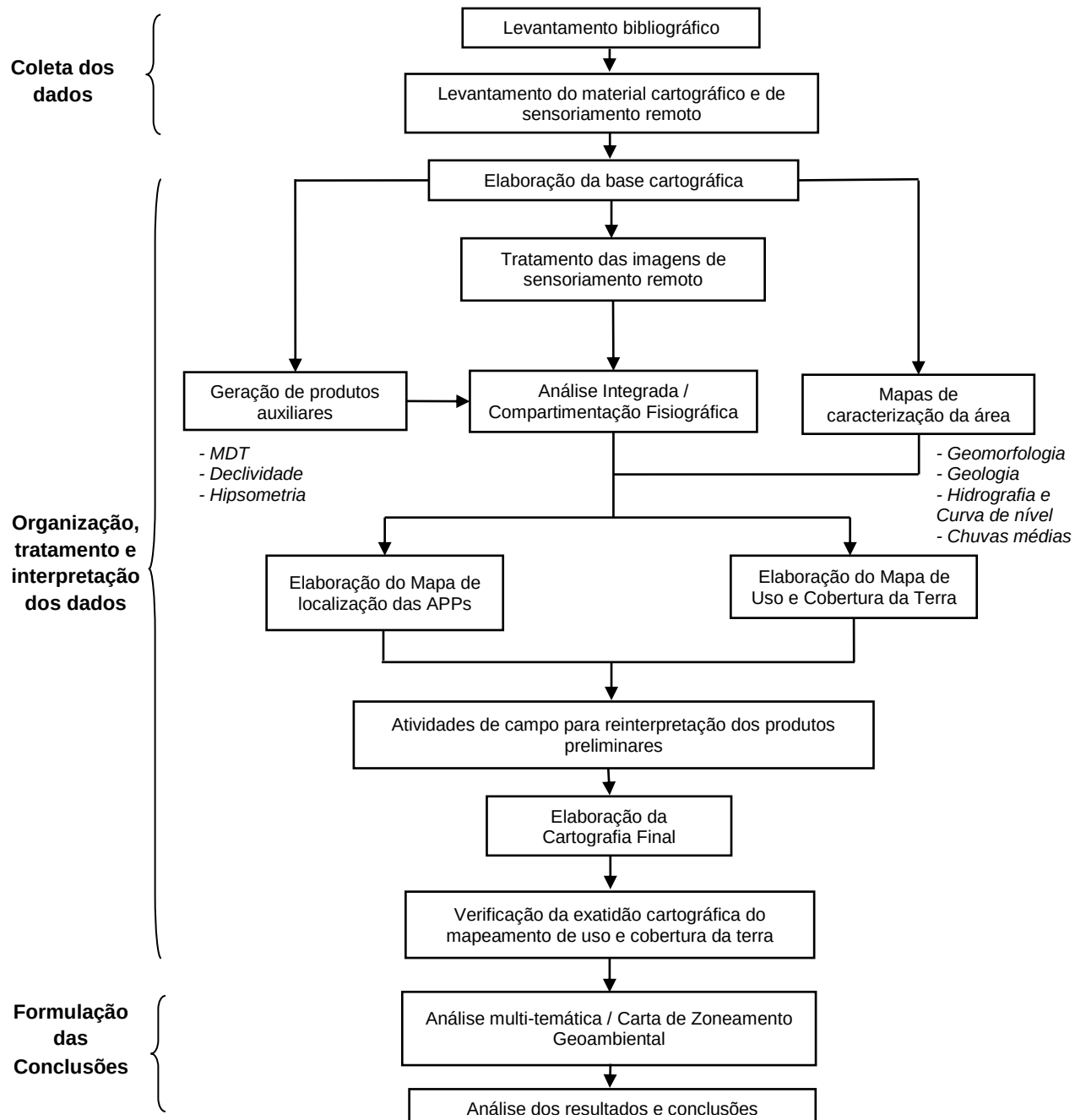


Figura 1. Fases e etapas de trabalho.

4.2. Desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa desenvolveu-se segundo as etapas metodológicas descritas a seguir.

4.2.1. Levantamento bibliográfico

Nesta etapa, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio de livros, teses e publicações disponíveis em bases de dados virtuais, bibliotecas eletrônicas e na biblioteca da própria Universidade (Unesp).

Para o levantamento bibliográfico foram selecionadas palavras-chave, sendo que as inicialmente selecionadas foram: *mapeamento geoambiental*, *zoneamento geoambiental*, *compartimentação fisiográfica*, *mapeamento de uso e cobertura da terra*, *mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP)*, *Casa Branca*. Essas palavras-chave selecionadas foram traduzidas no seu respectivo termo em inglês para a busca em bancos de dados internacionais. Após uma primeira seleção de artigos, teses, dissertações e trabalhos técnicos, foi avaliada a funcionalidade das palavras-chave escolhidas, sendo essas modificadas conforme foi necessário.

As principais bases de dados utilizadas foram os bancos de dados bibliográficos Athena (UNESP) – Acervo Geral; Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UNESP; USP; UERJ; UFRJ; Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do Ministério da Ciência e Tecnologia; Portal de periódicos da Capes; Scientific Electronic Library Online (SciELO); GeoScienceWorld e Scopus.

4.2.2. Levantamento do material cartográfico e de Sensoriamento Remoto

As cartas vetoriais (formato *.dxf*) de mapeamento sistemático do IBGE foram coletadas por meio do *download* no banco de dados do próprio *site*¹. Foram feitos *downloads* das seguintes folhas:

- Casa Branca - Folha SF-23-V-C-V-4 (IBGE, 1972a);
- Rio Tambaú - Folha SF-23-V-C-V-2 (IBGE, 1972b);

¹ Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/topograficos/escala_50mil/vetor/
Acesso em: 3 abr 2013.

- São João da Boa Vista - Folha SF-23-V-C-VI-3 (IBGE, 1972c);
- São José do Rio Pardo - Folha SF-23-V-C-VI-1 (IBGE, 1969).

As Cartas Geológicas da Secretaria de Agricultura e Abastecimento – Coordenadoria de Pesquisas de Recursos Naturais – Instituto Geológico (IG), escala 1:50.000, utilizadas foram:

- Casa Branca - Folha (IG, 1983);
- Rio Tambaú - Folha (IG, 1985) e
- São João da Boa Vista - Folha (IG, 1982);
- Ribeirão Preto, escala 1:250.000 – Folha (DAEE/UNESP, 1982).

Também foram utilizados o Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981a) e o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999).

As imagens de sensoriamento remoto utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura da terra foram adquiridas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA): imagens orbitais digitais multiespectrais do satélite SPOT, com resolução de 2,5 metros, nas bandas 1 (Vermelho), 2 (Infravermelho Próximo), 3 (Verde) e 4 (Infravermelho Médio)². Essas imagens foram fornecidas como um ortomosaico recorte na escala 1:25.000 (IBGE). Esses mosaicos ortorretificados são cartas coloridas, refletindo fielmente as cores reais da paisagem. Portanto, não precisaram de processamento para sua utilização.

Foram coletadas também imagens do satélite *Landsat 8*, por meio de *download* do banco de dados gratuitos disponíveis no *site do USGS - Science for a Changing World*³. Foram utilizadas as imagens *Landsat 8* do dia 06 de julho de 2013, órbita/ponto 220/75. As bandas multiespectrais coloridas (1 a 7) tem resolução de 30 metros, e a banda 8, que é a pancromática (tons de cinza) tem resolução de 15 metros. O satélite entrou em operação em 2013, portanto, só existem imagens a partir do 2º semestre deste mesmo ano. Tais imagens foram utilizadas para a análise fisiográfica.

² Inclui material ©CNES 2007/2010, distribuição SPOT IMAGES S. A, França, todos os direitos reservados.

³ Disponível em: <http://glovis.usgs.gov/>
Acesso: 12 mar 2013.

4.2.3. Elaboração da base cartográfica

Primeiro, os dados vetoriais das cartas do IBGE foram exportados para o formato *shapefile*, através da utilização *software ArcGis 10.1*. Os dados exportados foram: drenagens, curvas de nível, represas, principais rodovias, limites municipais e áreas urbanas. Para fazer a exportação desses dados, usa-se a ferramenta “*Export*”/“*To shapefile (single)*”. Após a exportação, os dados foram ajustados e atualizados de acordo com as imagens SPOT, *Landsat 8* e, eventualmente, do *Google Earth*.

Como os arquivos do IBGE já foram coletados com o sistema de coordenadas e o *datum*, não foi preciso fazer o georreferenciamento das cartas. O Sistema de Coordenadas utilizado para a base cartográfica da pesquisa foi o *Universal Transversa de Mercator* (UTM), *datum* horizontal *World Geodetic System* (WGS 84). Destaca-se que as cartas topográficas do IBGE utilizam o *datum* Córrego Alegre, portanto, primeiro os arquivos foram exportados nesse *datum* e depois foi feita a transformação do *datum* para o WGS 84, através da ferramenta “*Project*” disponível no “*Data Management Tools*”, do *ArcToolbox* do *ArcGis 10.1*. Para a transformação, foram utilizados os parâmetros de transformação de Molodensky, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de transformação geodésica Molodensky

Córrego Alegre	WGS 84
Translação X	-205,57 metros
Translação Y	168,77 metros
Translação Z	- 4,12 metros

As cartas geológicas, geomorfológicas e pedológicas foram georreferenciadas pela ferramenta “*Georeferencing*”, no *ArcGis 10.1*, utilizando-se pontos de controle distribuídos pelas cartas. O erro mínimo adotado foi de 10 metros para as cartas na escala 1:50.000 e 50 metros para as cartas em escala 1:250.000, segundo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (BRASIL, 1984).

4.2.4. Tratamento das imagens de Sensoriamento Remoto

As imagens *Landsat 8* possuem projeção UTM, *datum* WGS 84, zona 23, hemisfério Norte, sendo necessário a transformação para a zona 23 do hemisfério Sul. Para tal transformação, foi utilizada a ferramenta “*Project Raster*” do “*Data Management Tools*”, *software* ArcGis 10.1.

Para a realização da compartimentação fisiográfica, foi utilizada a banda 5 do satélite *Landsat 8*. Essa banda foi selecionada devido a similaridade do seu comprimento de onda com a banda 4 do satélite *Landsat 5*. Segundo Rocha (2000), essa banda tem sensibilidade à morfologia do terreno e, por isso, permite a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia e a análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Lima et al. (1998), Rokos et al. (2000), Wang et al. (2002), Assine (2005) e Cardoso et al. (2009) também utilizaram essa banda para análise de aspectos geológicos e geomorfológicos de suas áreas de estudo. A banda 8 (pancromática) também foi utilizada para a compartimentação, uma vez que sua resolução espacial é de 15 metros, permitindo uma melhor visualização das feições de relevo.

Após a seleção dessas duas bandas citadas, fez-se o aumento do contraste linear por meio da manipulação do histograma, remanejando a distribuição dos *pixels* para aumentar a nitidez da imagem. Na banda 5, foi feito o processamento de Filtragem Linear de Realce de Imagem TM, denominado de filtro Laplaciano. Esse filtro é do tipo passa-alta (CRÓSTA, 1992), e é utilizado para realçar os componentes de alta frequência presentes na imagem, favorecendo as diferenciações e os aspectos texturais (CORRÊA, 2013). Segundo Florenzano (2008, p. 45), esse processamento permite que feições como estradas, drenagens, falhas, juntas e outras feições lineares sejam destacadas na imagem, facilitando, assim, a fotoanálise e fotointerpretação. Tais procedimentos foram feitos no *software* SPRING 5.2.3.

4.2.5. Geração dos produtos auxiliares

Os produtos gerados para auxiliar a compartimentação fisiográfica foram o mapa hipsométrico e o mapa de declividade da área de estudo, elaborados através do Modelo Numérico do Terreno (MNT). Na pesquisa, adotou-se a diferenciação

entre os termos mapa e carta adotada por Zuquette e Gandolfi (2004), na qual o mapa é utilizado apenas como um registro de dados acerca de um determinado aspecto do ambiente, sem interpretações, e a carta é utilizada para a representação das informações, ou seja, é um documento cartográfico que possui as interpretações e associações dos dados contidos nos mapas.

Os MNT, também denominados Modelos Digitais do Terreno (MDT), são capazes de representar grandezas que variam continuamente no espaço possibilitando, assim, o desenvolvimento de mapas de declividade, de hipsometria e a geração de modelos tridimensionais de terreno.

Para a geração do MNT, foi utilizado o TIN (*Triangulated Irregular Network*), que é uma estrutura de dado digital elaborado a partir da interpolação dos valores de altitude por meio da criação de triângulos entre uma linha e outra, gerando assim um modelo matemático com valores altimétricos. Em suma, o arquivo TIN representa o espaço a partir de um conjunto de triângulos com tamanhos variados, e é gerado a partir das curvas de nível e/ou pontos cotados. No *ArcGis* 10.1, a ferramenta para geração deste tipo de dado é o “*Create TIN*”. Também foi gerada uma imagem 3D do MNT, para uma melhor visualização do relevo da área de estudo. A imagem foi feita no *ArcScene* 10.1, com uma constante de elevação de 8 metros.

Para a escolha das classes do mapa hipsométrico, utilizou-se o intervalo de 100 metros. Esse intervalo foi definido de forma aleatória, sem nenhum critério específico, pois se mostrou satisfatório para representação das diferenças de altitude da área de estudo. Para a definição do intervalo do mapa de declividade foram levados em conta os trabalhos de Lepsh et al. (1991), Ross (1995) e De Biase (1970) (Quadro 3), sendo adaptadas as classes segundo a realidade da área de estudo, que não possui declividades maiores que 38%.

Quadro 3. Classes de declividade e recomendações de uso.

Classe	Características	Recomendação de Uso
0% - 3% 3% - 6%	Declives suaves; escoamento superficial lento a médio; ausência de problemas de erosão linear e laminar	Plantio de culturas anuais, com o uso de práticas simples de conservação do solo; propícias para a ocupação
6% - 12%	Superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado; escoamento superficial médio a rápido; suscetível a processos erosivos	Plantio de culturas anuais, sendo recomendadas práticas de conservação do solo; limite para o emprego de mecanização na agricultura e construção civil sem cortes ou aterros
12% - 20%	Grande inclinação do terreno; o Parcelamento do solo é permitido somente em áreas com declividade de até 30%; áreas com predomínio de problemas com erosão	Impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas permanentes, para proporcionar uma proteção maior ao solo
20% - 30%		Indicada para a pecuária e silvicultura
>30 %	Áreas com fragilidade muito alta; encostas são os limites para o corte raso da vegetação	Não são permitidas construções urbanas, salvo às exigências específicas das autoridades competentes (BRASIL, 1979, art. 3) Cultivo da silvicultura e pastagens, mas com limitações

Fonte: adaptado de Lepsch et al. (1991), Ross (1995) e De Biase (1970).

4.2.6. Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica

A compartimentação fisiográfica foi feita utilizando-se técnicas de fotointerpretação, segundo metodologia proposta por Guy (1966), Rivereau (1972), Soares e Fiori (1979) e Zaine (2011), adaptada segundo Veneziane e Anjos (1982) para imagens orbitais de satélite. Nessa técnica, o produto cartográfico gerado é único, porém, seccionado em unidades do terreno que refletem as diferentes características referentes ao relevo, solo, geologia, dentre outros, cujas informações são sintetizadas e apresentadas como uma análise integrada (ZAINE, 2011). Para os autores Vedovello (2000) e Tinós (2011), a utilização deste procedimento é positiva em relação ao tempo de execução e de aplicabilidade, facilitando ações de planejamento territorial.

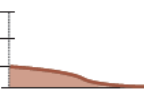
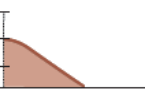
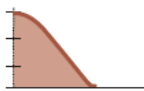
Na etapa de fotoleitura, foram extraídas as feições da paisagem presentes nas imagens do satélite *Landsat 8* relacionadas à drenagem e ao relevo. Em seguida, na etapa de fotoanálise, foi feita a delimitação preliminar de unidades homólogas segundo a disposição dos elementos de drenagem e relevo, que foram espacializadas na base cartográfica georreferenciada. A partir destas informações extraídas, foram analisadas a forma e a estrutura desses elementos da paisagem, considerando critérios de densidade dos elementos de drenagem e relevo,

amplitude, declividade, forma das encostas/vertentes, formas de topo, entre outros. Tais análises foram feitas também a partir da análise das bandas 5 e 8 do *Landsat 8*, após processamento, e a partir dos produtos auxiliares gerados. Também foram analisadas as estruturas geológicas quanto à tropia (orientação), assimetria do relevo e drenagem e sinuosidade da drenagem. A fotoanálise foi baseada nos itens 1 e 2 do Quadro 4 proposto por Zaine (2011).

A fotointerpretação se baseou na assimilação dos resultados da fotoanálise, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos, de forma a identificar o significado, função e relação das características das unidades fisiográficas delimitadas.

Quadro 4. Análise e interpretação dados geológicos em imagens de sensoriamento remoto.

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

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

Fonte: Zaine (2011).

Continuação Quadro 4. Quadro de análise e interpretação de dados geológicos por sensoriamento remoto.

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

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

Fonte: Zaine (2011).

No Quadro 5 estão especificados os intervalos para cada categoria e critério mensuráveis considerados para a elaboração da compartimentação fisiográfica.

Quadro 5. Critérios analíticos utilizados na compartimentação fisiográfica.

Critério	Categoria	Intervalo	Conceito
Amplitude Local	pequena	0-100m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
	média	100-300m	
	grande	> 300m	
Declividade	baixa	0-12%	Inclinação média do perfil da encosta.
	média	12-30%	
	alta	>30%	
Densidade de Drenagem	baixa	0-5	Número de cursos d'água perenes numa área de 10 km ²
	média	5-30	
	alta	30	

Fonte: adaptado de IPT (1981a).

4.2.7. Elaboração do Mapa de Localização das APPs

Segundo o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), são consideradas áreas de preservação permanente:

- As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, exceto os efêmeros, em largura mínima de:

a) 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; b) 50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura; c) 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; d) 200 metros, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura; e) 500 metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros (BRASIL, 2012).

- As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

- As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de 100 metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros; e 30 metros, em zonas urbanas

- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, com raio mínimo de 50 metros;

- As encostas ou partes destas com declividade superior a 45° (equivalente a 100% na linha de maior declive);
- Restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- Manguezais;
- Bordas de tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais;
- Topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média superior a 25°;
- Áreas em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação;
- Veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

As APPs nas faixas marginais dos cursos d'água foram mapeadas no *ArcGis* 10.1 utilizando-se a ferramenta *Buffer*. Na área de estudo, o rio Jaguari-Mirim, que limita a área do município na parte Sul, possui largura entre 30 e 50 metros, portanto, a APP é de 50 metros. O mesmo ocorre com o Rio Pardo, que limita o município ao Norte. Já o restante dos rios na área de estudo possui largura menor que 10 metros, portanto, as APPs são de 30 metros. Para as nascentes, foi criado um *shapefile* do tipo ponto e desenhou-se uma a uma, para posterior geração da APP de 50 metros pela ferramenta *Buffer*.

Segundo o novo Código Florestal (BRASIL, 2012), não será exigida APP no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais. Portanto, na pesquisa primeiramente foram separados os reservatórios artificiais dos naturais, sendo que os artificiais não terão APP. Depois foram separados os reservatórios naturais em área urbana e área rural, e foi feito um *Buffer* de acordo com as larguras de APP descritas anteriormente.

Para a delimitação das áreas com declividade acima de 100% ou 45°, utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator (Spatial Analyst)* do *ArcGis*. Utilizando o mapa de declividade em formato *raster* aplicou-se a expressão $[declividade] > 100$. Não foram encontradas nenhuma encosta com declividades superiores a esse valor, portanto, na área de estudo não ocorrem esse tipo de APP.

Na área não ocorrem APPs com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, uma vez que a declividade máxima na área não chega a 30°.

Também não existem áreas com altitudes maiores que 1.800 metros na área de estudo, e nem com as outras especificações estabelecidas pelo Novo Código Florestal, citadas acima.

4.2.8. Elaboração do Mapa de uso e Cobertura da Terra

Na pesquisa em questão, entende-se como cobertura da terra os tipos de cobertura vegetal ou artificial que a imagem de sensoriamento remoto é capaz de descrever, sem interpretações, ou seja, é o que a imagem é capaz de mostrar. Enquanto que o termo “uso” da terra é designado para caracterizar as atividades que as pessoas destinam à cobertura da terra (DI GREGORIO, 2004).

A classificação foi realizada de maneira não automática, por meio da análise visual das imagens do satélite SPOT no *software ArcGis 10.1*. O uso dessas imagens, com resolução espacial de 2,5 metros, possibilitou a interpretação dos alvos em nível de detalhe. Como essas imagens são de 2007/2010, para conferência do mapeamento foram utilizadas imagens do *Google Earth*.

Para a definição das classes de uso e cobertura da terra, foi utilizado como referência o Manual Técnico de uso da terra (IBGE, 2006), conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6. Sistema de classes de uso e ocupação da terra.

Nível I	Nível II	Nível III
Áreas antrópicas não agrícolas	Área Urbanizada	Área urbana; Distrito industrial; Mineração.
Áreas antrópicas agrícolas	Cultura temporária	Cultura anual (milho, mandioca, feijão); Cana-de-açúcar.
	Cultura permanente	Citros; Café.
	Pastagem	Pasto sujo; Pasto limpo.
	Silvicultura	Eucalipto e pinus.
	Instalações agrícolas	-
	Solo exposto	-
Áreas de vegetação natural	Florestas	-
	Campo úmido	-
Água	Corpos de água continentais	Cursos d'água; Reservatório.

Fonte: adaptado de IBGE, 2006.

Foram definidas 12 classes: área urbana, distrito industrial, cultura temporária, cultura permanente, pastagem, silvicultura, instalações agrícolas, florestas, campo úmido, solo exposto, mineração e reservatórios.

4.2.9. Atividades de campo para reinterpretação dos produtos preliminares

As atividades de campo foram divididas em duas etapas, sendo a primeira com o objetivo de fazer observações para a verificação geral das características e formas da paisagem na área de estudo, anterior ao início do mapeamento. A segunda etapa teve como objetivo a realização de ajustes dos limites das unidades fisiográficas definidas, análise das feições de relevo, análise do comportamento geotécnico da área, ou seja, a possibilidade de ocorrência de processos geológicos (especialmente erosão, movimentos de massa, inundação, alagamento e assoreamento) e verificação do uso e ocupação da terra, a fim de atualizar e complementar as informações preliminares feitas nas etapas descritas anteriormente. As atividades de campo são feitas utilizando-se um GPS (*Global Positioning System*), para o registro das coordenadas dos pontos e das altitudes.

No trabalho de campo para a elaboração da compartimentação fisiográfica, foram utilizadas fichas de campo padronizadas feitas anteriormente ao campo, e foram analisados pontos distribuídos em todas as unidades fisiográficas previamente definidas, como também no contato entre elas, fazendo análises de características geológicas e geomorfológicas do terreno, com foco para ocorrência de processos de dinâmica superficial.

Para a atividade de campo para verificar o uso e cobertura da terra, foi feita inicialmente a seleção de pontos conforme Valeriano (1985). As informações de campo foram comparadas e ajustadas às informações obtidas na classificação feita visualmente no *ArcGis* 10.1.

4.2.10. Verificação da exatidão cartográfica do mapeamento

Para a verificação da exatidão do mapeamento de uso e cobertura da terra foi utilizado o procedimento de estimativa de exatidão da classificação de mapas temáticos proposto por Valeriano (1985). O autor, tomando como base a experiência de Ginevan (1979) e Genderen e Lock (1977), utiliza uma abordagem fundamentada na estatística para a análise do mapeamento da cobertura vegetal da terra que é aplicável em qualquer situação contextual. O objetivo de seu trabalho foi a avaliação

da exatidão dos resultados do mapeamento realizado por meio da classificação dos alvos, possibilitando a comparação dos resultados por técnicas diversas.

Segundo estes autores, para verificar a exatidão cartográfica, o primeiro passo é definir o tamanho da amostra, ou seja, a quantidade de pontos a serem verificados nas atividades de campo. A Tabela 2 mostra a quantidade de pontos amostrais para cada situação desejada.

Tabela 2. Valores ótimos de n para X_c e para $\alpha=0,05$ e $P_u=0,85$, e correspondentes valores de β para $P_p=0,9; 0,95$ e $0,99$.

n	xc	Valores de β para		
		Pp= 0,90	Pp= 0,95	Pp= 0,99
19	0	0,8649	0,6226	0,1738
30	1	0,8163	0,4465	0,0361
40	2	0,7772	0,3233	0,0075
50	3	0,7497	0,2396	0,0016
59	4	0,7152	0,1719	0,0003
68	5	0,6859	0,1242	0,0001
76	6	0,6467	0,0856	0,0000
85	7	0,6247	0,0624	0,0000
93	8	0,5919	0,0432	0,0000
102	9	0,5746	0,0318	0,0000
110	10	0,5464	0,0221	0,0000
118	11	0,4959	0,0107	0,0000
126	12	0,4959	0,0107	0,0000
134	13	0,4731	0,0074	0,0000
142	14	0,4518	0,0052	0,0000
150	15	0,4318	0,0036	0,0000
158	16	0,4130	0,0025	0,0000
166	17	0,3954	0,0018	0,0000
174	18	0,3787	0,0012	0,0000
182	19	0,3630	0,0009	0,0000
190	20	0,3481	0,0006	0,0000
197	21	0,3252	0,0004	0,0000
205	22	0,3122	0,0003	0,0000
213	23	0,2998	0,0002	0,0000
220	24	0,2802	0,0001	0,0000
228	25	0,2693	0,0001	0,0000
236	26	0,2589	0,0001	0,0000
243	27	0,2421	0,0000	0,0000
251	28	0,2329	0,0000	0,0000
259	29	0,2242	0,0000	0,0000
266	30	0,2097	0,0000	0,0000
274	31	0,2020	0,0000	0,0000
281	32	0,1890	0,0000	0,0000
289	33	0,1821	0,0000	0,0000
296	34	0,1704	0,0000	0,0000
304	35	0,1643	0,0000	0,0000
311	36	0,1537	0,0000	0,0000
319	37	0,1483	0,0000	0,0000
326	38	0,1388	0,0000	0,0000
334	39	0,1339	0,0000	0,0000
341	40	0,1253	0,0000	0,0000
349	41	0,1210	0,0000	0,0000
356	42	0,1133	0,0000	0,0000
364	43	0,1094	0,0000	0,0000
371	44	0,1024	0,0000	0,0000
379	45	0,0989	0,0000	0,0000
386	46	0,0926	0,0000	0,0000
393	47	0,0867	0,0000	0,0000

Fonte: Valeriano (1985).

Legenda:

n: valor amostral (número de pontos amostrados em campo);

Pp: valor de exatidão do mapeamento;

Pu: valor de exatidão mínima do mapeamento;

Xc: quantidade de pontos classificados erroneamente;

α ou Ru: valor do risco do consumidor receber um mapa abaixo das especificações;

β ou Rp: risco do produtor do mapeamento ter que refazê-lo.

Supondo que seja desejado verificar a exatidão de um mapeamento considerando valor de exatidão mínima do mapeamento (Pu) 0,85, valor de exatidão do mapeamento (Pp) 0,90, valor do risco do consumidor receber um mapa abaixo das especificações (α) 0,05 e risco do produtor do mapeamento ter que refazê-lo (β) 0,55, deve-se encontrar na tabela o valor mais próximo de β para Pp= 0,90. No caso, encontrou-se o valor 0,5464, obtendo-se n=110 e Xc=10. Ou seja, serão necessários 110 pontos amostrais com 10 pontos classificados erroneamente.

4.2.11. Integração dos dados e elaboração da Carta de Zoneamento Geoambiental

Para a elaboração da Carta Geoambiental do município de Casa Branca, na escala 1:50.000, foi utilizada a abordagem multi-temática, através do método de sobreposição ponderada. Neste procedimento, foram definidos pesos para cada produto obtidos anteriormente, exceto para o mapa de APPs, e as informações foram integradas. Cabe ressaltar que, nesta pesquisa, foi utilizada a abordagem sintética, ou integrada, para a compartimentação fisiográfica da área de estudo, levando em conta que estão integradas nesta carta informações de geologia, geomorfologia, relevo, solos e declividade. Por este motivo, a Carta de Compartimentação Fisiográfica recebeu maior peso em relação à de Uso e Cobertura da Terra.

Para quantificar as classes de zoneamento, foram selecionadas 3, sendo 1 o peso correspondente à classe de mais baixa suscetibilidade e 3 à mais alta suscetibilidade aos processos de meio físico.

Na compartimentação fisiográfica, as classes foram atribuídas conforme as análises fotointerpretadas e feitas em campo para cada unidade delimitada. A

unidade com menor fragilidade é a Unidade V, composta por intrusões de diabásio e com baixo potencial à ocorrência de processos do meio físico. A Unidade IV recebeu maior peso em relação à Unidade V, devido à potencialidade média a alta para ocorrência de erosão linear. Esses processos erosivos podem ser acelerados ou deflagrados pelo mau uso da terra e técnicas inadequadas de manejo. A Unidade VI possui baixo potencial para queda e/ou rolamento de blocos rochosos. Esses blocos estão localizados em pontos isolados, principalmente em locais de atividades de extração mineral para construção de brita para construção civil, ou em taludes de rodovias. Já nas Unidades II e III, foram registradas em campo algumas voçorocas, como também mapeadas através da imagem de satélite SPOT, e, por isso, receberam peso 3. A Unidade I recebeu peso 3 devido à presença de APP e potencialidade para inundação e assoreamento.

Os critérios e os pesos definidos estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7. Critérios utilizados para definição dos pesos das Unidades Fisiográficas.

Peso	Unidades	Principais critérios considerados
1. Fraca	Unidade V	- Baixa potencialidade à ocorrência de processos do meio físico. - Baixo potencial à queda e/ou rolamento de blocos
2. Média	Unidade IV	Solos arenosos inconsolidados com médio/ alto potencial à erosão linear.
	Unidade VI	Baixo potencial à queda e/ou rolamento de blocos
3. Forte	Unidade I	- Presença de APPs. - Áreas sujeitas à inundação e ao assoreamento.
	Unidade II Unidade III	- Encostas com alto potencial à erosão linear. - Presença de voçorocas em grande quantidade, principalmente na Unidade II.

Para o mapa de Uso e Cobertura da Terra, os pesos das classes de fragilidade foram definidos conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8. Classes de fragilidade do uso e cobertura da terra.

Peso	Uso e cobertura da terra
1. Fraca	Floresta e silvicultura.
2. Média	Cultura permanente, área urbana, instalações agrícolas, campo úmido e reservatórios.
3. Forte	Cultura temporária, pastagem, distrito industrial e solo exposto.

Fonte: adaptado de ROSS (1995).

Para o Mapa de Localização das APPs, consideram-se de restrição (alta fragilidade) todas as classes que o compõem. Porém, esse produto não entrará na sobreposição ponderada, ele apenas será colocado no mapa como um *layer*.

No *software ArcGis 10.1*, o procedimento para a realização da sobreposição ponderada consiste nos passos descritos a seguir.

1. Transformar os shapefiles em raster, através da ferramenta *Feature to Raster*, do *ArcToolbox*. No caso, os shapefiles em questão foram o de Unidades Fisiográficas e de Uso e Cobertura da Terra.
2. Reclassificar: através da ferramenta *Reclassify* (Figura2), do *ArcToolbox*, foi feita a reclassificação dos valores de cada coluna da tabela de atributo de acordo com os pesos estabelecidos para cada classe, conforme o Quadro 8.

Old values	New values
Floresta	1
Cultura temporária	3
Campo úmido	2
Silvicultura	1
Instalação agrícola	2
Cultura permanente	2
Área urbana	2
Distrito industrial	3

Figura 2. Ferramenta *Reclassify* do ArcGis 10.1.

3. Fazer a análise multicritério: através da ferramenta *Raster Calculator*, é feita a sobreposição dos arquivos reclassificados gerados, por meio da fórmula apresentada na Figura 3.

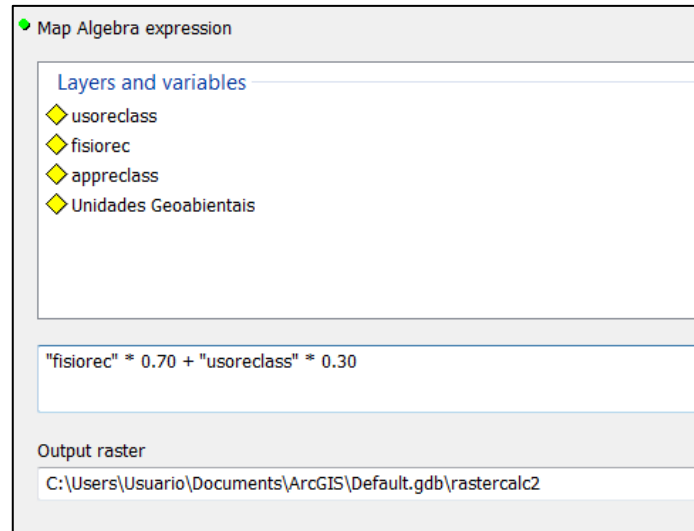


Figura 3. Ferramenta *Raster Calculator* utilizada na análise multicriterial.

Foi utilizado o peso 70% para a Carta de Compartimentação Fisiográfica, devido à integração de vários elementos do meio físico em sua elaboração. Para o mapa de Uso e Cobertura da Terra, foi utilizado o peso 30%.

4.2.12. Análise dos resultados e conclusões

A partir da Carta de Zoneamento Geoambiental elaborada seguindo os procedimentos descritos, foram tecidas considerações sobre as potencialidades e fragilidades de cada unidade geoambiental, assim como as recomendações para o melhor uso e ocupação. Também foram analisadas as técnicas utilizadas para o mapeamento das unidades geoambientais, considerando os resultados e suas futuras aplicações.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Características gerais

O município de Casa Branca possui 864 km² e localiza-se no interior do estado de São Paulo, compreendido entre as coordenadas 265000 e 300000 m E e 7562000 e 7614000 m N (coordenadas UTM), referentes ao meridiano 45° a oeste de Greenwich. O município dista cerca de 230 quilômetros de São Paulo pela rodovia SP - 340. Casa Branca faz divisa com os municípios de: Aguaí, ao sul; Vargem Grande do Sul, Itobi e São José do Rio Pardo, a leste, sudeste e nordeste; Mococa e Tambaú, ao norte e noroeste; e Santa Cruz das Palmeiras, a sudoeste (Figura 4).

Casa Branca pertence à região administrativa de Campinas e possui como distritos Venda Branca e Lagoa Branca, localizadas mais ao sul da área do município. Segundo censo demográfico do IBGE de 2010, o município possui cerca de 30 mil habitantes, com uma densidade demográfica de 32,76 hab/km² (IBGE, 2010). O distrito de Lagoa Branca possui 1400 habitantes e Venda Branca 1048 habitantes.

No município, pode-se observar a ocorrência do fenômeno conhecido por voçoroca (ou boçoroca), conferindo-lhe aspecto dos conhecidos *canyons* norte-americanos. Segundo mapeamento elaborado por Furlani (1980) existem 300 voçorocas na área do município de Casa Branca. Na presente pesquisa, foram mapeadas pela imagem SPOT 32 voçorocas, por meio de análise visual.

As vias de acesso do município são: a SP - 340, que vai até Campinas (direção sul) e Mococa (direção norte); SP - 215, que vai pra São Carlos (direção oeste) e Vargem Grande do Sul (direção leste); e a SP - 350, que liga o município a São José do Rio Pardo (direção nordeste).

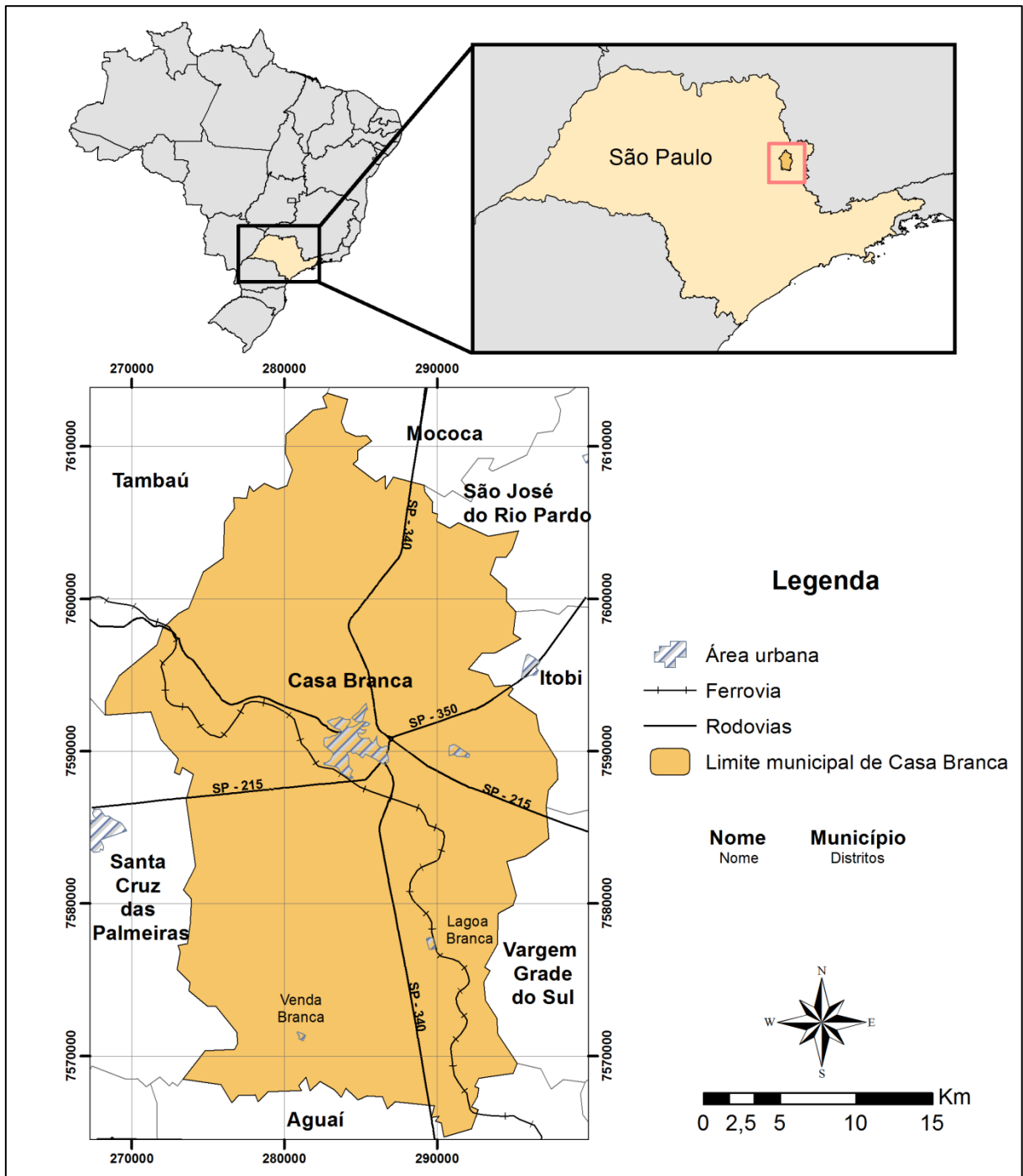


Figura 4. Localização da área de estudo.

5.2. Aspectos Geomorfológicos

Em relação à geomorfologia, a área de estudo compreende 2 unidades morfoesculturais: a Depressão Periférica (Depressão do Mogi-Guaçu), ocupando maior parte da área (ROSS & MOROZ, 1997); e mares de morros do Planalto Cristalino Atlântico, ocupando uma estreita faixa na porção nordeste da área. A

Depressão Periférica apresenta relevo uniforme de colinas onduladas, morros e morrotes com menores declividades e maiores amplitudes. As maiores altitudes ocorrem no extremo oeste da área, onde existe um relevo residual da Formação Serra Geral, chegando a valores de 900 metros. Já na porção sudoeste, as altitudes estão em torno de 560 metros, chegando a 600 metros, e na porção leste as altitudes variam em torno de 720 metros, típicas do domínio da Depressão Periférica.

Segundo a metodologia adotada pelo IPT (1981a), os sistemas de relevo presentes na área, e representados no APÊNDICE 1, são:

- Planícies Fluviais: caracterizam-se por terrenos planos constituídos de sedimentos fluviais quaternários; as planícies são geradas por processos de agradação, que correspondem às áreas sujeitas a inundações periódicas. O potencial de fragilidade destas áreas é bastante alto, pois estão sujeitas a inundações periódicas, por possuírem lençol freático pouco profundo e os sedimentos inconsolidados nessas áreas estão sujeitos a acomodações constantes;
- Colinas amplas: predominam interflúvios de áreas superiores a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos; geralmente possuem baixa densidade de drenagem com padrão subdendrítico; os vales são abertos com planícies aluviais restritas, podendo ocorrer, eventualmente, lagoas perenes ou intermitentes;
- Colinas médias: predominam interflúvios de áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos; a densidade de drenagem é média a baixa, com padrão sub-retangular; os vales são abertos a fechados, com planícies aluviais interiores restritas, com eventual presença de lagoas perenes ou intermitentes;
- Morros amplos: os interflúvios são arredondados, com áreas superiores a 15 km², topos arredondados e achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos; drenagem de baixa densidade com padrão dendrítico; os vales são abertos com planícies aluviais interiores restritas;
- Morrotes alongados e espigões: normalmente predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes com perfis retilíneos e ravinadas; média a alta densidade de drenagem, com padrão dendrítico e os vales são fechados.

- Morros arredondados: topos arredondados e localmente achatados, vertentes convexas a retilíneas, localmente ravinadas; neste sistema de relevo existem exposições locais de rochas e espigões curtos locais; a drenagem possui média densidade, com padrão dendrítico a subdendrítico e os vales são fechados.

Na presente pesquisa, foram mapeadas as áreas de voçorocas, com o auxílio das imagens do satélite SPOT e dos dados obtidos em levantamentos de campo. Foram identificadas 32 voçorocas, porém, Furlani (1980) mapeou 332 voçorocas na região, sendo 35 de grande porte. Ressalta-se que algumas estão encobertas por vegetação, o que dificulta sua identificação em imagens orbitais.

5.3. Aspectos Geológicos

Em termos de geologia, a área de estudo está localizada na borda oriental da Bacia Sedimentar do Paraná, incluindo-se pequena parte do Embasamento Cristalino, no extremo nordeste da área do município de Casa Branca (APÊNDICE 2). Sobre esse embasamento foram depositadas unidades da bacia do Paraná, representadas na área pelo Sub-grupo Itararé, pela formação Piraçununga e coberturas quaternárias. Ocorrem também intrusões de diabásio correspondentes ao magmatismo básico da Formação Serra Geral.

5.3.1. Complexo migmatítico-granítico do Embasamento Cristalino

As rochas cristalinas são representadas pelo complexo Pinhal, do Pré-Cambriano Superior, resultante da profusa intrusão de granitos durante o ciclo Brasileiro em rochas do Grupo Amparo (idade Transamazônica) (WERNICK, 1978). Foi denominado inicialmente de Grupo Pinhal (WERNICK E PENALVA, 1973), e posteriormente denominado de Complexo Pinhal (CAVALCANTI et al., 1979; WERNICK E PENALVA, 1980a, b).

É constituído de granitos e migmatitos, com ocorrência de intrusão alcalina (tinguaítos). As rochas do Complexo Pinhal são cortadas por pequenos veios de quartzo e de pegmatitos com espessuras centimétricas a decimétricas (TOMINAGA, 1981).

São bastante visíveis na área do Pré-Cambriano grandes lineamentos fotogeológicos com direções predominantemente NE e subordinadamente N-S, NW e E-W, que controlam o padrão de drenagem. Como exemplo, o rio Jaguari-Mirim, que tem seu curso fortemente controlado pelas direções estruturais citadas (TOMINAGA, 1981).

5.3.2. Sub-Grupo Itararé

O Sub-grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) caracteriza-se por uma sedimentação terrígena, oriunda de sistemas deposicionais e ambientes variados. Predominam arenitos imaturos, conglomerados, argilitos e siltitos, além de diamictitos e litotipos característicos de clima glacial, que gradam lateralmente entre si ou alternam-se verticalmente em camadas mais bem definidas. O termo “Itararé” (FIGUEIREDO FILHO; FRAKES, 1968) foi adotado por Azevedo e Massoli (1984) devido ao fato de a subdivisão do Grupo Tubarão no estado de São Paulo ser um assunto bastante controverso.

5.3.3. Formação Serra Geral

As intrusões ígneas da Formação Serra Geral compõem-se de diabásios às vezes compactos, mas geralmente fraturados em blocos com esfoliação esferoidal ou disjunção colunar, e estão normalmente alterados formando a denominada “terra roxa”. Encontra-se distribuído em toda a área de estudo, notadamente na porção norte de Casa Branca (VIEIRA, 1982).

As rochas dessa formação possuem, macroscopicamente, textura afanítica a subfanerítica, cor verde escuro a preta, estrutura maciça ou diaclasamento predominantemente horizontal e vertical, causado por esforços de tensão causados pelo resfriamento do magma (MASSOLI, 1981).

5.3.4. Formação Piraçununga

A Formação Piraçununga (FREITAS et al., 1979), do Terciário, é composta por areia argilosa inconsolidada muito pobremente selecionada, sem estruturas

sedimentares bem definidas, e cascalheiras, sendo interpretada como sendo de origem coluvial. Esses sedimentos cenozóicos são de ampla ocorrência, apresentando grande extensão em superfície e pouca em profundidade, com espessuras variando desde menos de um metro até cerca de onze metros. Há a presença de pequenas lagoas circulares e depressões fechadas, baixa densidade de drenagem, tonalidades claras do terreno, colinas amplas e com perfil convexo e formação de voçorocas nas frentes de erosão (VIEIRA, 1982).

O contato dessa Formação com as rochas subjacentes se dá através de uma superfície erosiva irregular, com desnível variado, muitas vezes sotopostas a cascalhos, com seixos de sílex, quartzo e fragmentos de limonita. Fúlfaro (1979) propõe uma divisão em função das áreas de ocorrência da Formação Piraçununga: em depósitos de espigão; depósitos frontais e escarpas regionais (pedimentos); e depósitos de paleo-vales.

5.3.5. Sedimentos Quaternários

Os sedimentos aluvionares, do Quaternário, ocorrem ao longo das planícies aluviais, formado por areias e argilas inconsolidados, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados. Na planície dos rios Pardo e Jaguari-Mirim as planícies têm maiores proporções. Esses aluviões possuem sedimentos inconsolidados, “[...] erodidos, retrabalhados, transportados pelos cursos d’água e depositados nos seus leitos e margens” (VAZ, 1996, p. 126), e são formados por areias com granulometria predominante de média a grosseira e argilas orgânicas com alta plasticidade.

5.4. Aspetos Pedológicos

No trabalho desenvolvido por Furlani (1980) foi apresentado um mapa de solos do município de Casa Branca, com predomínio do solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo: Latossolo Roxo (aparece sobre as intrusivas básicas); Latossolo Vermelho Amarelo (distribui-se pelo terreno pré-cambriano); e Podzólico Vermelho Amarelo (terrenos pré-cambrianos mais ao norte); e os hidromórficos.

IPT (1997) realizou um novo mapa de solos, baseando-se em inúmeras análises físicas e químicas. Definiram 9 tipos de solos, sendo os Latossolos

Vermelho Amarelos divididos em 3 categorias em função da granulometria, composição química e horizontes, ocupando mais de 60% da área do município.

Segundo trabalho de Oliveira et al. (1999), na área de estudo, ocorrem os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho na maior parte do município, Latossolo Vermelho Amarelo na planície do Rio Jaguari-Mirim e Solo Aluvial na planície do Rio Pardo.

Segundo as classes de fragilidade dos solos definidas por Ross (1994) (Quadro 9), os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos Amarelos possuem uma baixa a média fragilidade a ocorrência de processos erosivos.

Quadro 9. Classe de fragilidades do solo.

Classes de fragilidade	Tipos de solo
Muito baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/ argilosa.
Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho Amarelo textura média/ argilosa.
Forte	Podzólico Vermelho Amarelo textura média/ arenosa, Cambissolos.
Muito forte	Pdзолizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Fonte: Ross (1994).

Em relação à presença de ravinas e voçorocas na área de estudo, observa-se concordância no que se refere a uma maior suscetibilidade de solos com textura arenosa a média. Também há possibilidades, embora restrita, de desenvolvimento dessas feições em solos argilosos como o Latossolo Vermelho Escuro presentes em Casa Branca. Neste caso, o desenvolvimento de ravinas e voçorocas deve-se à presença de um horizonte C de solo muito erodível, proveniente da alteração de arenitos feldspáticos com intercalações de argilitos e siltitos, o que facilita o aprofundamento dessas feições erosivas e a interceptação do lençol freático.

Sobre a distribuição das voçorocas em Casa Branca, Ponçano et al. (1987) causa uma aparente contradição em seus estudos, pois concluem que as voçorocas instaladas na Bacia do Peixe-Paranapanema apresentam maior concentração em solos arenosos e relevos movimentados. No entanto, em Casa Branca há também uma associação de solos argilosos e relevo suave de colinas amplas. Prandini et al. (1989) explica esse fato pela importante contribuição das variações litológicas da Formação Piraçununga no desenvolvimento de fenômenos erosivos. Esses autores explicam que áreas com solos de constituição argilosa, apesar de resistentes à

erosão, podem originar ravinas profundas por concentração excessiva das águas superficiais, podendo atingir os horizontes de alteração e causar uma rápida evolução em profundidade e em área de ocorrência desses fenômenos erosivos. Por outro lado, áreas com solos arenosos de textura média, em relevos mais movimentados, apresentam condições favoráveis de ocorrência de ravinas por ação de águas superficiais (STEFANI, 2003).

5.5. Aspectos Hidrográficos

O município de Casa Branca está inserido nas bacias hidrográficas do Rio Pardo e do Mogi-Guaçu, inseridas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 4 e 9, respectivamente. A rede hidrográfica da área de estudo, assim como o divisor de águas entre as duas UGRHIs é apresentada no APÊNDICE 3.

O Rio Jaguari-Mirim limita o município ao Sul e drena, no total, uma área de 2.154 km². Sua largura varia de 10 a 50 metros dentro da área do município. Este rio nasce no município de Ibitiura (MG) e deságua no Rio Mogi-Guaçu, em Pirassununga (SP), sendo um dos principais afluentes do Rio Mogi-Guaçu (CIPREJIM, 2010).

O Rio Pardo limita Casa Branca com o município de Mococa, na porção nordeste da área de estudo, possuindo larguras que variam de 10 a 50 metros. Ele nasce no alto da Serra das Tronqueiras, a 1490 metros de altitude, no município de Ipuiúna (MG), percorrendo 573 quilômetros até chegar a sua foz, desaguardo no Rio Grande, sendo o principal afluente deste.

Ao lado do distrito de Lagoa Branca, existe uma lagoa natural com o mesmo nome, com uma área de 73 hectares (Figura 5). A Lagoa do Rocha tem 11,2 hectares, e está localizada a oeste da Lagoa Branca. Essas lagoas são denominadas lagoas suspensas, que se formam em altos topográficos, normalmente próximas às nascentes.



Figura 5. Lagoa natural localizada próxima ao Distrito Lagoa Branca, em Casa Branca (SP).

5.6. Aspectos Climáticos

Segundo a Classificação Climática de Köeppen, no município de Casa Branca o tipo climático é o Aw: tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18° C e mês mais seco tem precipitação inferior a 60 milímetros (mm) (CEPAGRI, 2013). A Classificação climática de *Köppen-Geiger*, mais conhecida por classificação climática de *Köppen*, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizado. Foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger.

A letra A indica a característica geral do clima da região, que é o clima tropical. A segunda letra denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é a quantidade e distribuição da precipitação, sendo w correspondente a chuvas de verão e estação seca no inverno.

De acordo com o histograma apresentado na Figura 6, os meses mais chuvosos vão de dezembro a fevereiro, com precipitação média mensal chegando a 224,7 mm de chuva, enquanto que nos meses com pouca chuva chega a 21,1 mm.

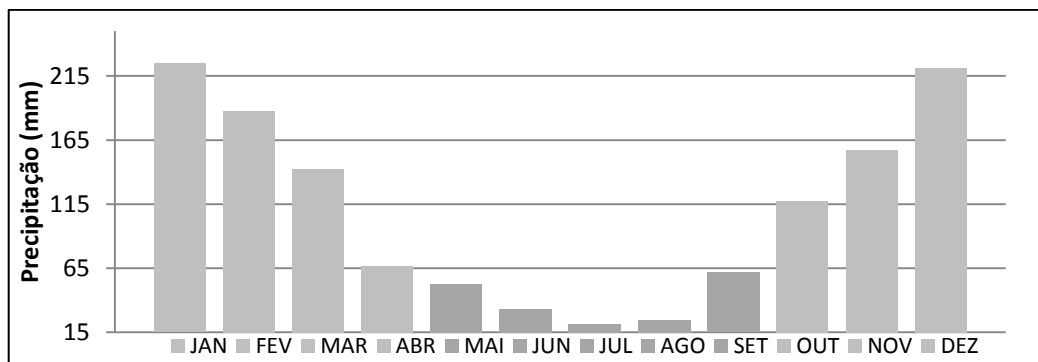


Figura 6. Precipitação média mensal em Casa Branca.

Fonte: CEPAGRI (2013).

A temperatura média mensal varia de 24°, nos meses de maior calor e 17° nos meses mais frios, segundo análise do gráfico da Figura 7.

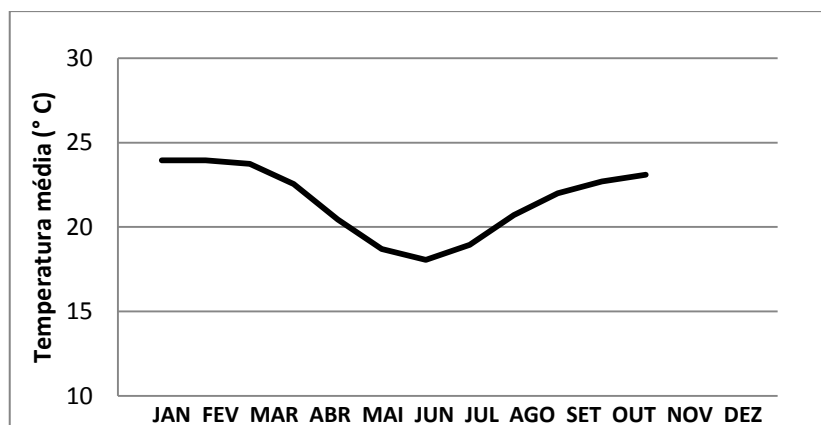


Figura 7. Temperatura média mensal do ar em Casa Branca.

Fonte: CEPAGRI (2013).

Na área de estudo, as maiores concentrações de chuva (205 mm a 227 mm) ocorrem a leste, na área do Planalto Cristalino Atlântico, e a sudoeste. A distribuição das chuvas médias em Casa Branca está apresentada no APÊNDICE 4. Esse mapa foi feito com base na coleta de dados pluviométricos dos meses mais chuvosos (dezembro a março) de postos de chuva na região, apresentados no Quadro 10. Os poços pluviométricos selecionados para a coleta de dados estão distribuídos num raio de 20 quilômetros da área do município.

Quadro 10. Dados coletados de chuvas médias dos meses mais chuvosos em Casa Branca.

	Município	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Bacia	Período	Chuva média (mm) dezembro a março
1	Aguaí	Aguaí (CMEF)	650 m	22° 03'	46° 58'	Jaguari-Mirim	1936 a 1947	203,2
2	Aguaí	Faz. Santa Isabel	580 m	22° 02'	47° 07'	Jaguari-Mirim	1970 a 2000	220,3
3	Casa Branca	Lagoa Branca	700 m	21° 54'	47° 02'	Jaguari-Mirim	1936 a 2004	183,8
4	Casa Branca	Faz. Brejão	700 m	21° 44'	47° 13'	Pardo	1936 a 1951	189,4
5	Casa Branca	Casa Branca (CMEF)	720 m	21° 46'	47° 05'	Pardo	1942 a 1971	187,7
6	Casa Branca	Casa Branca	700 m	21° 47'	47° 03'	Lambari	1960 a 2004	212,7
7	Casa Branca	Venda Branca	610 m	21° 56'	47° 08'	Jaguari-Mirim	1970 a 2004	219,7
8	Vargem Grande do Sul	Vargem Grande do Sul	750 m	21° 50'	46° 54'	Rio Verde	1936 a 2004	217,4
9	São João da Boa Vista	São João da Boa Vista (Acco)	730 m	21° 58'	46° 48'	Jaguari-Mirim	1936 a 1946	216,6
10	São João da Boa Vista	São João da Boa Vista	740 m	21° 57'	46° 48'	Jaguari-Mirim	1943 a 2004	222,2
11	São João da Boa Vista	Faz. Santa Helena	780 m	22° 03'	46° 46'	Jaguari-Mirim	1936 a 1945	230,4
12	São João da Boa Vista	Faz. Paraíso	810 m	22° 05'	46° 44'	Jaguari-Mirim	1970 a 2000	234,8
13	Pirassununga	Piraçununga (CPEF)	630 m	22° 01'	47° 26'	Moji-Guaçú	1936 a 1969	178,4
14	Pirassununga	Baguaçu (CPEF)	580 m	21° 54'	47° 19'	Turvo	1941 a 1971	208,2
15	Pirassununga	Piraçununga (Estação Experimental)	560 m	21° 56'	47° 23'	Moji-Guaçú	1943 a 1972	200,0
16	Pirassununga	Usina São Judas	620 m	21° 51'	47° 19'	Moji-Guaçú	1956 a 1972	209,3
17	Tambaú	Faz. Morrinhos (Usina Amália)	600 m	21° 32'	47° 13'	Pardo	1942 a 1950	137,9
18	Tambaú	Tambaú	730 m	21° 42'	47° 17'	Tambaú	1970 a 2000	216,1
19	Mococa	Faz. Campo Alegre	750 m	21° 25'	46° 47'	Canoas	1940 a 1969	205,8
20	Mococa	Faz. Açude	840 m	21° 26'	46° 51'	Canoas	1940 a 2000	194,2
21	Mococa	Mococa (Coop. Cafeicult.)	590 m	21° 28'	47° 01'	Canoas	1936 a 1979	200,6
22	Mococa	Sítio Esplanada	660 m	21° 23'	47° 05'	Canoas	1955 a 2002	241,9
23	Mococa	Limoeiro	580 m	21° 38'	47° 01'	Pardo	1961 a 1997	213,1
24	São José do Rio Pardo	São José do Rio Pardo (CMEF)	680 m	21° 36'	46° 53'	Pardo	1937 a 1944	193,7
25	São José do Rio Pardo	Faz. Guaxupé	730 m	21° 32'	46° 48'	Guaxupé	1940 a 2000	245,5
26	Leme	Faz. Promissão	680 m	22° 14'	47° 18'	Turvo	1961 a 1971	200,2
27	Moji-Guaçú	Cachoeira de Baixo	590 m	22° 22'	46° 56'	Turvo	1939 a 1973	172,2
28	Moji-Guaçú	Campinha	580 m	22° 17'	47° 09'	Turvo	1970 a 1994	191,1
29	São Sebastião da Gramma	Faz. Santa Alina	1100 m	21° 46'	46° 40'	Pardo	1960 a 1971	222,7
30	São Sebastião da Gramma	São Sebastião da Gramma	920 m	21° 42'	46° 49'	Fartura	1936 a 2004	232,5
31	Estiva Gerbi	Itaqui	670 m	22° 13'	46° 57'	Moji-Guaçú	1971 a 2000	208,3

Fonte: Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo (SIGRH, 2013).

5.7. Características de Uso e Cobertura da Terra

Grande parte da área de estudo possui como uso principal atividades agrícolas, sendo a maior parte da plantação disposta em formas circulares com irrigação por pivô central. Segundo Schmidt et al. (2004), o Estado de São Paulo possui 1.305 conjuntos de irrigação por pivô central, sendo mais de 380 localizados na região do município de Casa Branca.

Como atividades agrícolas, destacam-se a cultura temporária, principalmente de cana-de-açúcar, que está presente em cerca de 50% da área de estudo; e as culturas permanentes, como laranja e café.

No município, os tipos de vegetação são representados em sua grande maioria pelo cerrado, existindo algumas áreas de mata nativa em ilhas localizadas

na Depressão Periférica e matas de galeria ao longo dos rios (TOLEDO FILHO, 2002).

Próximo à área urbana do município de Casa Branca, existe a Estação Experimental de Casa Branca (ou Horto Florestal), que faz parte do Plano de Produção Sustentada (PPS) que é “um plano de manejo florestal sustentado que alcança estações experimentais e florestas estaduais administradas pelo Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente” (BRASIL, 2006). Ainda segundo o Decreto nº 51.453, que cria o Sistema Estadual de Florestas (SIEFLOR), estas áreas constituem importante lócus de pesquisa genética, de manejo florestal e de recursos econômicos, representando a sustentabilidade de todo o SIEFLOR, notadamente o suporte das unidades de conservação de proteção integral do estado de São Paulo.

A Estação Experimental de Casa Branca possui 4,09 km², com floresta implantada de pinus e eucalipto. Lá são produzidas mudas de espécies exóticas e nativas. Algumas espécies em extinção presentes na EE são: gabioba, cajuzinho do campo, maroco e mangabeira (IF, 2014).

5.8. Trabalhos anteriores

Stefani (2003) fez o Zoneamento Geoambiental da região de Casa Branca, na escala 1:50.000, através da compartimentação fisiográfica com uso de imagens do satélite Landsat 5 – TM. Em seu trabalho, objetivou-se fazer uma integração de informações do meio físico com base em características fisiográficas, geológicas e pedológicas para a delimitação da área de estudo em zonas e subzonas geoambientais.

Em seu trabalho, Stefani (2003) utilizou os seguintes autores para definir os critérios fotointerpretativos de análise dos elementos texturais de relevo e drenagem: Soares e Fiori (1976), Mattos et al. (1982) e Veneziani e Anjos (1982). Na compartimentação fisiográfica do meio físico, foram gerados os mapas temáticos de unidades fisiográficas, estruturas, morfoestruturas, unidades geológicas e unidades pedológicas. Os critérios para a individualização das unidades fisiográficas utilizadas por este autor estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11. Critérios para individualização de unidades fisiográficas em Casa Branca (STEFANI, 2003).

MACRODIVISÃO	NÍVEIS MORFOMÉTRICOS	INTENSIDADE DE DISSECAÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO	ORDENAÇÃO DAS FEIÇÕES DE ISOTROPIA
P – planalto	a – alto (740 a 880 metros)	Fd – fortemente dissecado	o – orientado
			n – não orientado
		md – moderadamente dissecado	
		fd – fracamente dissecado	
	m – médio (680 a 740 metros)		
	b – baixo (620 a 680 metros)		
	mb – muito baixo (540 a 620 metros)		
p – planície	a – acumulação de sedimentos (planícies aluviais)		

Fonte: adaptado de Stefani (2003).

Inicialmente, a área foi dividida em planalto e planície. O planalto sofreu uma divisão hipsométrica baseada nas superfícies de aplainamento (FURLANI, 1980). Em cada nível morfométrico foram estabelecidos diferentes graus de estruturação na intensidade de dissecção das formas do relevo. Por fim, estabeleceu-se uma classificação para a estruturação dos elementos fisiográficos em função da ordenação das feições texturais e estruturais de isotropia. No total, foram delimitadas 14 unidades fisiográficas (Figura 8).

O autor estabeleceu a nomenclatura das unidades segundos os critérios apresentados no Quadro 11. Por exemplo, a unidade denominada Pmmdn representa uma região de planalto (P), nível morfométrico médio (m), moderadamente dissecado (md) e não orientado (n). Na Figura 6 está apresentado o mapa de unidades fisiográficas do autor.

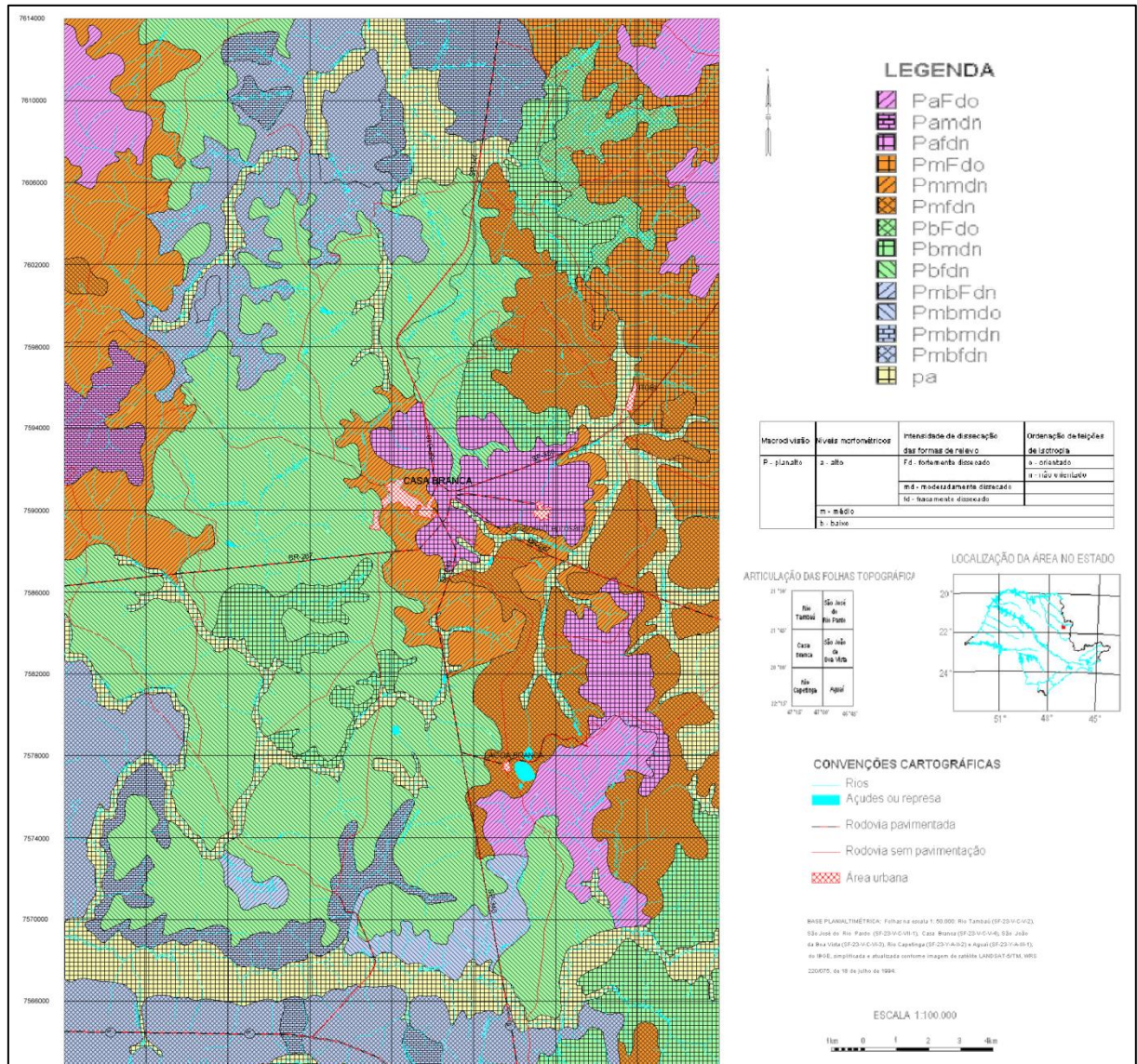


Figura 8. Mapa de unidades fisiográficas na região de Casa Branca (STEFANI, 2003).
Fonte: adaptado de Stefani (2003).

O zoneamento geoambiental foi elaborado com a análise integrada das informações geológicas, pedológicas, fisiográficas, estruturais, morfoestruturais e de unidades e coberturas de alteração intempéricas. Essas informações foram correlacionadas com dados obtidos em laboratório de análises químicas e físicas de material coletado em atividades de campo, ao longo dos perfis de alteração intempéricos.

Para a determinação e cartografia das zonas e subzonas geoambientais, Stefani (2003) definiu algumas premissas mínimas necessárias segundo estudos realizados por Jiménez-Rueda et al (1993):

a) as zonas geoambientais preferencialmente podem estar associadas a unidades geológicas e/ou unidades litológicas predominantes; b) as zonas geoambientais devem ser subdivididas em função de algumas variáveis que condicionam a configuração das formas de relevo e seus respectivos graus de alteração intempéricos; c) as variáveis consideradas devem ser as unidades fisiográficas, pedológicas ou os tipos de paisagens, a intensidade de dissecação, anomalias morfoestruturais e morfométricas de hipsometria; d) as zonas geoambientais devem considerar os processos específicos de alteração intempérica (...) ou o tipo de colóide intempérico predominante (...) (STEFANI, 2003).

A nomenclatura das zonas geoambientais foi estabelecida a partir da designação da unidade geológica a que se refere, segundo Quadro 12. A área foi dividida em dez zonas e 75 subzonas.

Quadro 12. Nomenclatura das zonas e subzonas geoambientais em Casa Branca (STEFANI, 2003).

ZONA GEOAMBIENTAL	ABREVIATURA	SUBZONAS
Sedimentos Quaternários aluvionares	Qa	-
Formação Santa Rita do Passa Quatro	Tsr	-
Formação Pirassununga	Tp	Tp1 a Tp16
Suítes básicas	V	V1 a V18
Formação Pirambóia	Trp	-
Formação Corumbataí	Pc	Pc1 a PC3
Formação Tatuí	Pt	Pt1 a Pt3
Formação Aquidauana fácies superior	CPas	CPas1 a CPas18
Formação Aquidauana fácies inferior	CPai	CPai1 CPai9
Complexo Pinhal	PreCp	PreCp1 a PreCp5

Fonte: Stefani (2003).

O autor descreve as zonas e subzonas segundo as características geológicas, pedológicas, morfoestruturais e fisiográficas. A partir desses resultados, no trabalho são propostas diretrizes e aplicações para um melhor aproveitamento do meio físico na área. Como conclusão, o autor afirma que o uso de produtos e técnicas de sensoriamento remoto pode ser de fundamental relevância para a elaboração dos trabalhos que foram propostos na pesquisa, com aplicabilidade prática.

Outro trabalho interessante elaborado no município de Casa Branca foi o de Pinto (1991), que aplicou a Equação Universal de Perdas de Solo (WISHMEIER & SMITH, 1978), se baseando em fatores do meio físico e antrópicos, como a erosividade das chuvas, declividade, comprimento de vertentes, erodibilidade do solo, uso e cobertura vegetal do solo e práticas conservacionistas. O autor

determinou a tolerância de perdas de solo por erosão e o índice de criticidade, o qual indica o estágio erosivo em que aquele solo se encontra (STEFANI, 2003).

No trabalho de Stefani (2003), sua metodologia abrange a técnica de análise integrada do meio físico para a elaboração da compartimentação fisiográfica, técnica semelhante à adotada pela presente pesquisa.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa.

6.1. Produtos auxiliares para a realização da compartimentação fisiográfica e tratamento das imagens de SR

Os mapas de declividade e de hipsometria são recursos muito importantes para a realização da compartimentação fisiográfica, principalmente quando esta é realizada a partir da análise de imagens orbitais, sem a utilização da técnica de estereoscopia. Os mapas de hipsometria e de declividade estão no APÊNDICE 5 e APÊNDICE 6, respectivamente.

O mapa hipsométrico representa o relevo por curvas de nível, no qual os espaços entre elas são coloridos segundo uma escala convencional, geralmente as cores verdes representam baixas altitudes e castanho as altas altitudes. A declividade permite visualizar a inclinação das encostas da área de estudo. Para o mapa hipsométrico, optou-se por utilizar o intervalo de 100 metros entre as classes, pois assim fica possível visualizar as diferenças de altitude presentes na área. Verifica-se que a maior parte da área de estudo possui altitudes entre 600 e 700 metros, sendo a porção sudoeste mais baixa, com altitudes entre 540 a 600 metros, e a parte leste com altitudes entre 700 e 800 metros. A maior altitude, chegando a 900 metros, está localizada a oeste, onde existe um relevo residual de diabásio.

Com base no mapa de declividade, verificou-se que a maior parte do município apresenta declividades inferiores a 6%, sendo que declividades de 20 a 30% aparecem apenas na porção oeste. Segundo De Biase (1970), essas áreas com baixas declividades não possuem problemas significativos de erosão linear e laminar.

O processamento digital das imagens de satélite compreendeu a utilização de técnicas de realce, contraste e filtragem, por meio da manipulação dos *pixels* contidos na imagem (Figura 9 e 10). O primeiro processamento foi a aplicação do contraste linear nas bandas 5 e 8 do *Landsat 8*. Em seguida, foi aplicada a Filtragem Linear de Realce de Imagem TM (Laplaciano) na banda 5.

Também foi feita uma imagem 3D do MNT, o que facilitou a visualização das diferenças de altitude da área de estudo e auxiliou na compartimentação fisiográfica (Figura 11). Na imagem, é clara a diferença de altitude e declividade do relevo residual da Formação Serra Geral em relação ao resto da área de estudo, que possui um relevo bem suave, ondulado e com declividades baixas.

Ressalta-se que tais procedimentos descritos anteriormente atingiram sua finalidade, a de auxiliar a compartimentação fisiográfica. No entanto, como a área é muito plana, o MNT foi de extrema importância também, se mostrando uma ótima ferramenta para análise do relevo.

Na Figura 12, está o mosaico com as cenas do satélite SPOT utilizado para o mapeamento manual de uso e cobertura da terra.

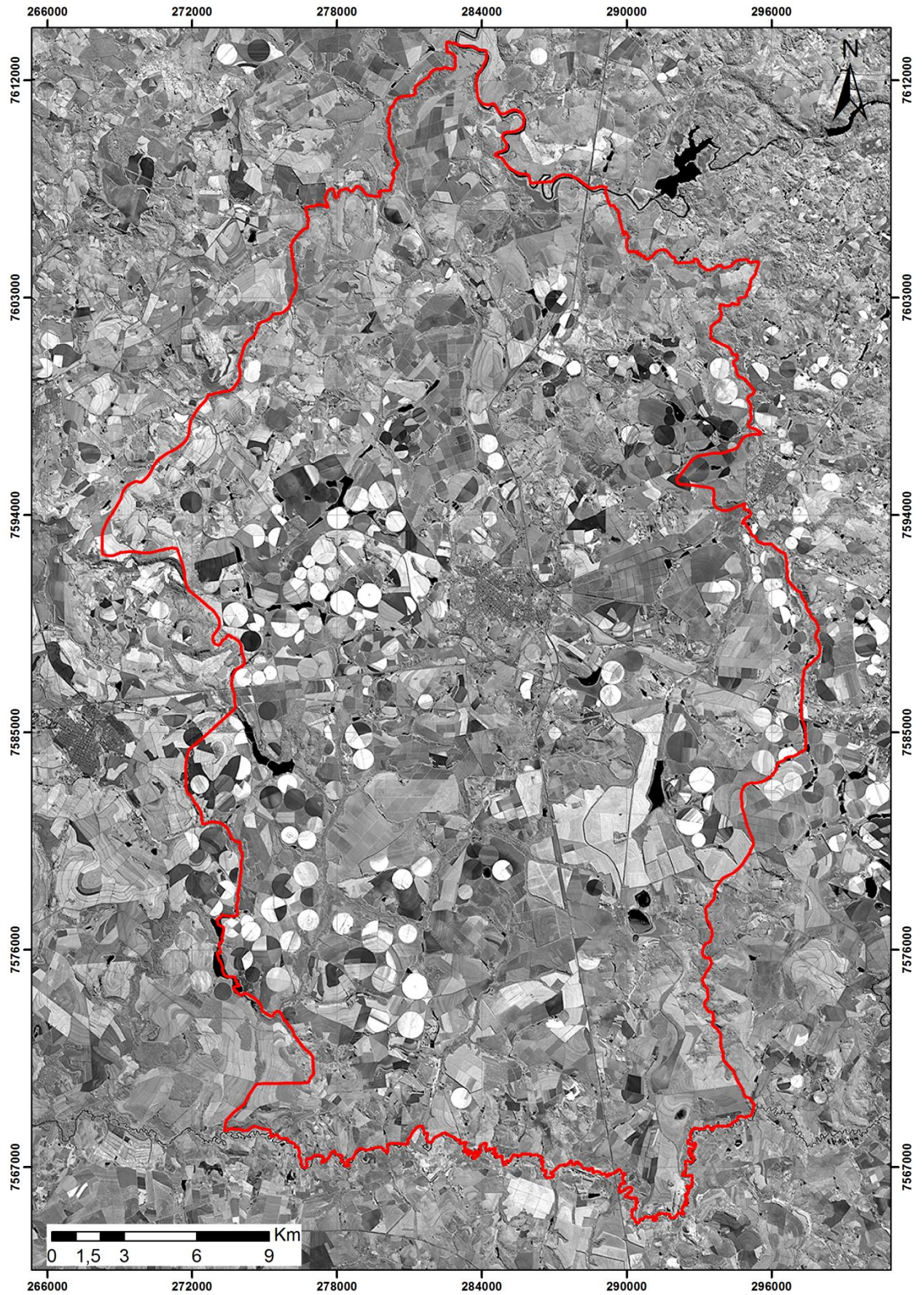


Figura 9. Banda 5 do satélite *Landsat 8* com realce Laplaciano.

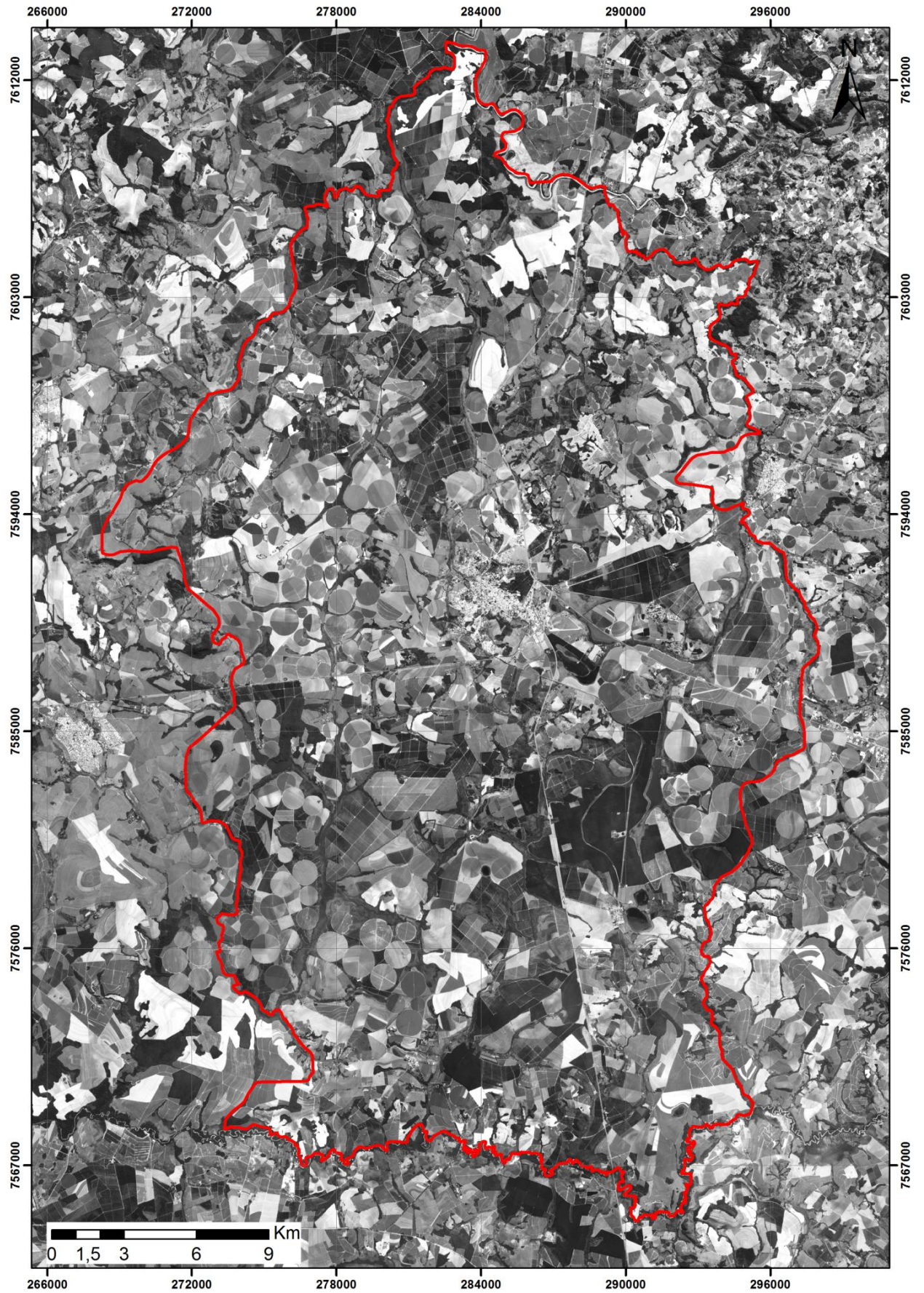


Figura 10. Banda 8 do satélite *Landsat 8* com aumento de contraste.

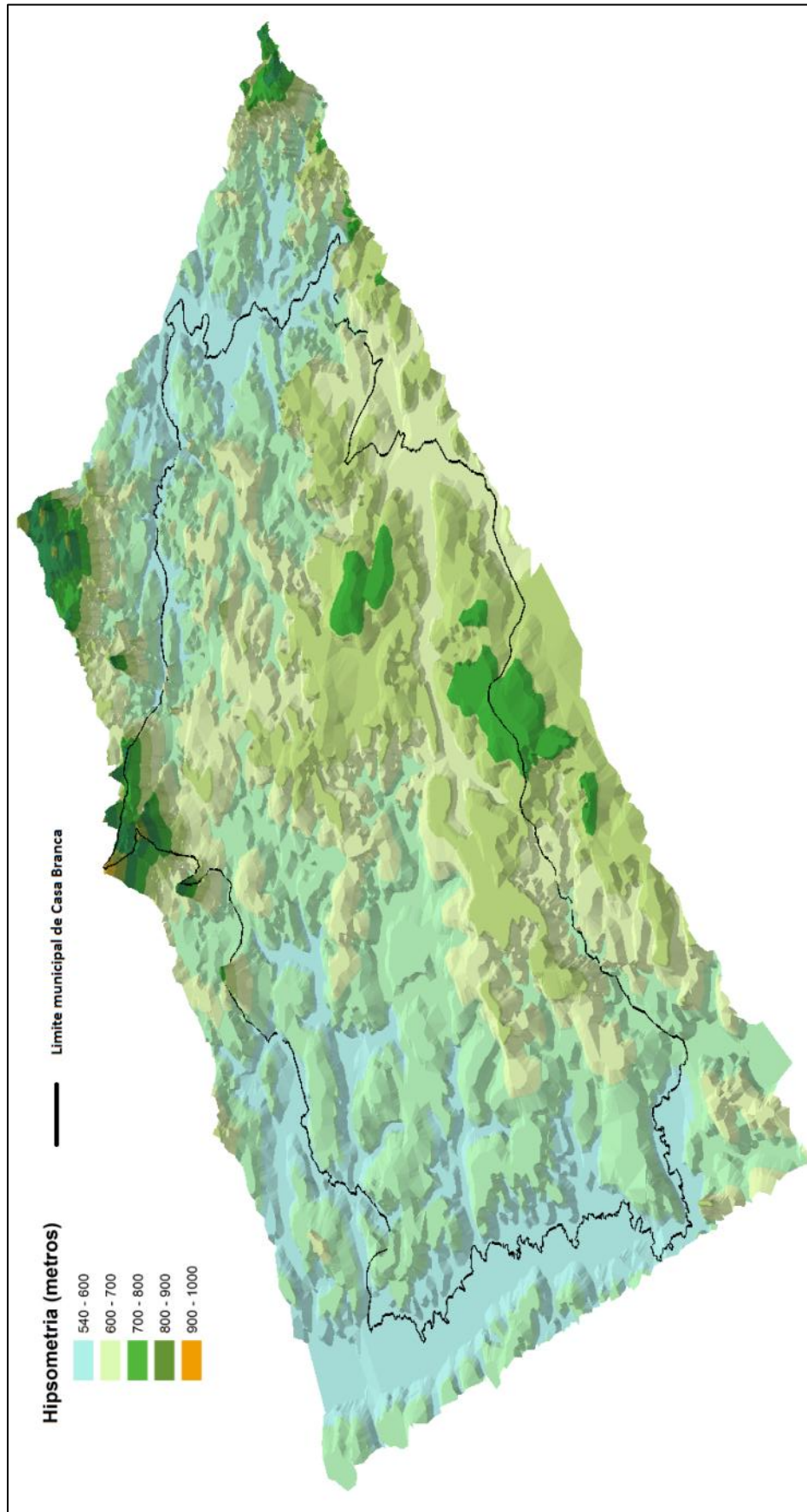


Figura 11. Imagem 3D do Modelo Numérico de Terreno

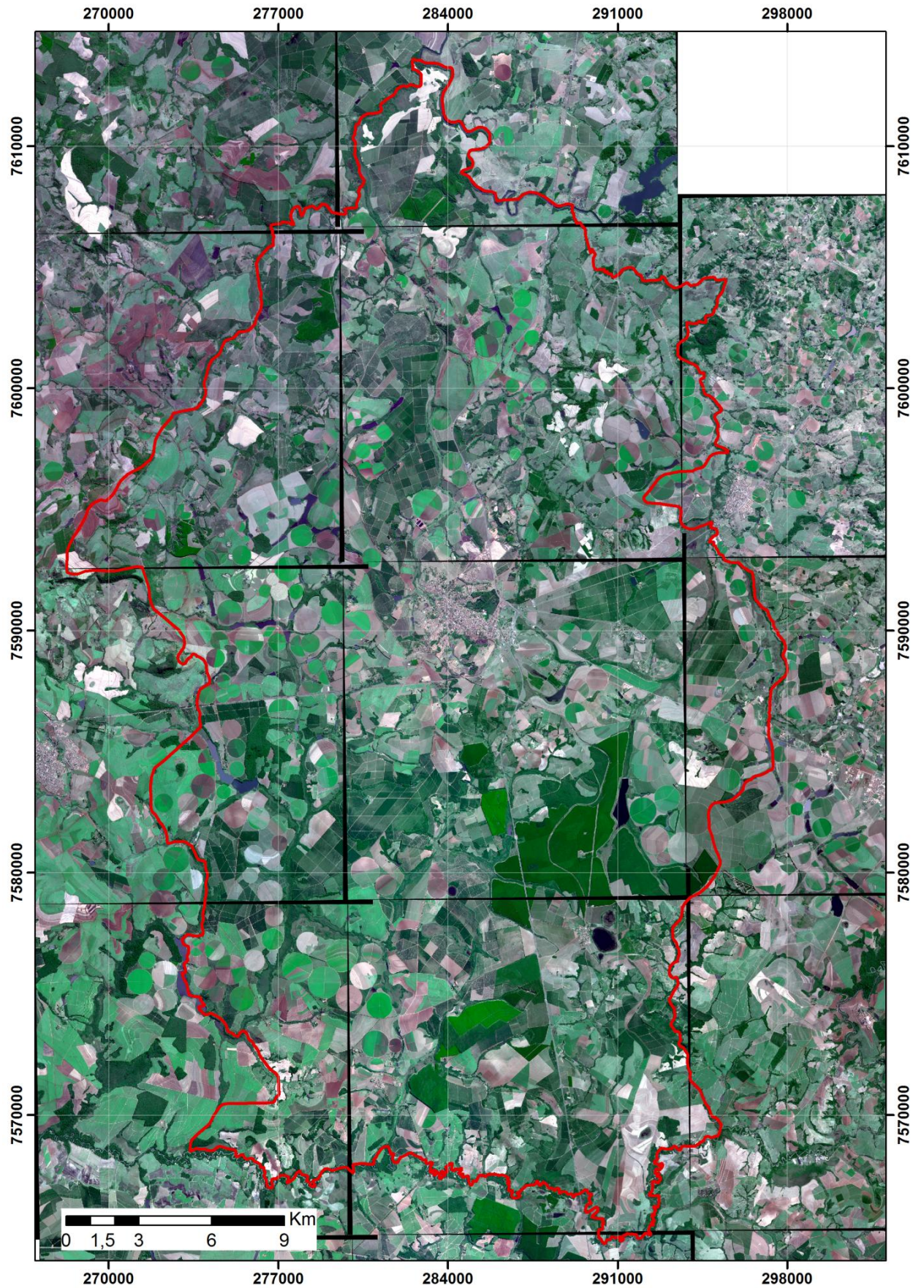


Figura 12. Imagens SPOT para mapeamento de uso e cobertura da terra.

Na Figura 13 está apresentada uma cena de imagem do satélite SPOT, para demonstração da ótima resolução para delimitação das classes de uso e cobertura da terra. Nesta cena, tem-se bastante nítida a área urbana de Casa Branca, assim como a área de eucalipto, na porção sudeste da imagem.



Figura 13. Cena SF-23-V-C-V-4-NE do satélite SPOT.

6.2. Mapa de localização das APPs

Na área de estudo foram delimitadas apenas as APPs no entorno dos cursos d'água, conforme medidas estabelecidas pela Lei nº 12.651/2012, uma vez que não ocorrem os outros tipos de APP. O Mapa de localização das APPs está no APENDICE 10.

As áreas ao longo dos rios e nascentes são suscetíveis à ocorrência de processos do meio físico, como enchentes e inundações. Deste modo, torna-se imprescindível a preservação dessas áreas para o controle desses processos, para redução da possibilidade de contaminação do solo por resíduos de adubos e

defensivos agrícolas, assim como para garantir a regulação dos processos de troca entre os ecossistemas terrestre e aquático (FERREIRA & DIAS, 2004).

Quadro 13. Área de APPs em Casa Branca.

Tipo de APP	Área (km ²)	Mata ciliar existente (km ²)
Ao longo dos cursos d'água	48,2	25,5
Nascentes	7,9	3,0
Reservatórios	1,1	0,3
Total	57,2	28,9

Com base dos dados apresentados no Quadro 13, verificou-se que na área de estudo existe um total de 57,2 km² de APP, sendo que 28,9 km² são efetivamente preservadas, ou seja, possuem mata ciliar, representando cerca de 50,5% da área total de APPs presente em Casa Branca. Em alguns locais existem culturas agrícolas em APPs, assim como campos úmidos, pastagens e edificações.

6.3. Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Analizando o mapa de uso e cobertura da terra elaborado, apresentado no APÊNDICE 11, observa-se que 54% da área é representada por cultura temporária, com predomínio da cana-de-açúcar; seguido de cultura permanente (20%), principalmente laranja e café. As áreas de floresta somam 14% do total da área do município, e estão localizadas principalmente ao longo dos cursos d'água.

Na área também existem locais com plantio de eucalipto, denominada silvicultura no mapeamento, somando 5% do total da área de estudo, destacando-se o Horto Areia Branca, próximo ao distrito de Lagoa Branca.

As áreas de pastagens estão localizadas, principalmente, próximas à vegetação nativa ao longo dos leitos dos rios, representando 3% da área do município. Também existem algumas minerações de argila ao norte da área urbana, apresentada no mapa de uso e cobertura e na foto da Figura 14.



Figura 14. Mineração de argila na área de estudo.

O gráfico da Figura 15 mostra a distribuição de cada classe de uso definida na pesquisa. Os outros usos são representados por classes que abrangem pequenas áreas, como mineração (0,03 km²), solo exposto (1,4 km²), distrito industrial (0,2 km²), instalações agrícolas (0,4 km²), represa (7,3 km²), área urbana (8,9 km²) e cursos d'água.

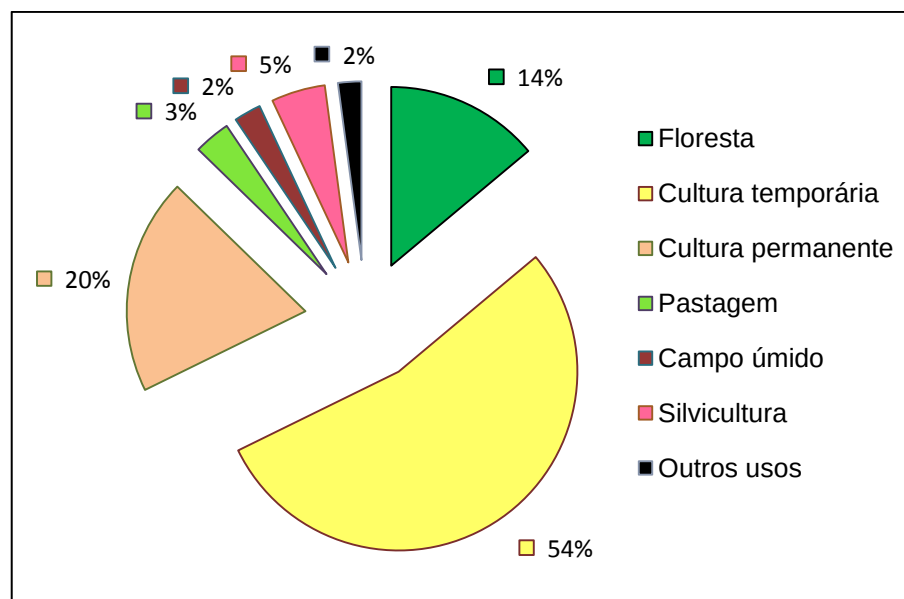


Figura 15. Distribuição das classes de uso e cobertura da terra.

6.3.1. Exatidão cartográfica

Utilizando o método de Valeriano (1985), obteve-se como resultado o quadro apresentado no APÊNDICE 7, com os dados de coordenadas, altitude em metros, Unidade Fisiográfica em que o ponto de campo está inserido, uso e cobertura da terra, a confirmação ou negação de que o ponto foi classificado corretamente e a proporção de pontos classificados de forma correta a cada 10 pontos amostrais.

Os parâmetros utilizados foram: valor de exatidão mínima do mapeamento (P_u) 0,85, valor de exatidão do mapeamento (P_p) 0,90, valor do risco do consumidor receber um mapa abaixo das especificações (α) 0,05 e risco do produtor do mapeamento ter que refazê-lo (β) 0,55. Adotou-se valores baixos de riscos devido aos custos e o trabalho de refazer o mapeamento.

Foram coletados em campo 110 pontos amostrais e, a partir de $n=51$, nota-se uma convergência da proporção de acertos em 0,80, o que indica uma exatidão de 0,80, ou seja, 80% dos pontos foram classificados corretamente.

A obtenção do resultado abaixo de 0,90 ocorreu devido ao ano das Imagens SPOT, de 2007/2010. Mesmo com a utilização de imagens orbitais de alta resolução espacial (2,5 metros), as mudanças nos cenários até o ano atual resultaram na obtenção de um mapeamento com um erro de 20%.

6.4. Carta de Compartimentação Fisiográfica

A Carta de Compartimentação Fisiográfica da área de estudo, assim como o quadro com as características interpretadas a partir das imagens de satélite estão no APÊNDICES 12 e 8, respectivamente. A Carta foi elaborada após análise das imagens orbitais e dos produtos complementares (mapa hipsométrico e declividade), assim como dados geológicos e geomorfológicos da área.

Foram delimitadas seis unidades de compartimentação fisiográfica: a Unidade Morfoescultural do Mogi-Guaçu foi dividido em cinco unidades e a Unidade Morfoescultural do Planalto Atlântico em uma unidade, que estão descritas a seguir. As pranchas descritivas estão no APÊNDICE 9, e apresentam as características fotointerpretadas de cada unidade, assim como as fotos obtidas em campo.

É importante ressaltar que para a nomenclatura das unidades, utilizou-se primeiramente a geologia, seguida do modelado predominante, conforme metodologia também adotada por Pilachevsky (2013).

6.4.1. Unidade I – Planície Aluvionar

Essa unidade é caracterizada pelas planícies aluvionares localizadas ao longo dos leitos dos rios, em maior extensão no Rio Pardo, ao norte da área de estudo, e ao longo dos leitos dos rios: Rio Verdinho, Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão dos Cocais e Rio Tambaú. Essas planícies são formadas por areias e argilas inconsolidadas, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados.

Esta unidade está localizada no fundo dos vales, nas porções mais baixas do relevo, apresentando declividades menores que 3% e altitudes variando de 540 a 600 metros. São áreas que sofrem, periodicamente, inundações em épocas de alta pluviosidade, que vão de dezembro a fevereiro, podendo causar danos à população que mora próxima a essas áreas.

Essa unidade também está sujeita à ocorrência de processos erosivos, associados ao solapamento das margens pela erosão hídrica do leito do curso d'água. Deste modo, são áreas restritas para a expansão urbana.

Essas áreas possuem alta permeabilidade, baixa relação escoamento/infiltração, grande espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo, espesso material inconsolidado, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Em relação ao uso e cobertura, a Unidade I possui mata ciliar em grande parte de sua área, seguida de campo úmido e alguns reservatórios.

6.4.2. Unidade II – Areias e Cascalheiras em média encosta

Essa unidade refere-se às áreas de média encosta da Formação Geológica Piraçununga, que são áreas bastante suscetíveis à ocorrência de processos erosivos nas cabeceiras das drenagens, visto que grande parte das voçorocas presente na área de estudo ocorre nessa Unidade.

As altitudes variam de 600 a 800 metros, e a declividade varia de 3 a 12%, sendo mais suscetível a processos erosivos. A área urbana insere-se nessa unidade, o que aumenta a suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, devido à supressão da vegetação e aumento do escoamento superficial pelo asfaltamento das ruas para a ocupação urbana.

Em relação às características geológico-geotécnicas, esta unidade possui média a alta permeabilidade, média a baixa relação de escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo, material inconsolidado espesso, média a alta suscetibilidade a erosão linear induzida e baixa suscetibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Em relação ao uso e cobertura da terra, esta unidade possui culturas temporárias e permanentes, além de mata ciliar e área urbana.

6.4.3. Unidade III - Sub-Grupo Itararé em média/baixa encosta

Essa unidade se refere às médias/baixas encostas do Sub-Grupo Itararé, que também são suscetíveis à ocorrência de processos erosivos nas cabeceiras de drenagem, aliados à interferência antrópica.

As altitudes variam de 540 a 700 metros e a declividade de 3 a 12%. O solo é argiloso-siltoso e apresenta colúvios, representados por grânulos de seixos de quartzos. Quanto às características geotécnicas, essa unidade possui alta a média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, topo rochoso profundo, material inconsolidado espesso, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.

Quanto ao uso e cobertura, esta Unidade é coberta por cultura temporária e permanente, floresta, áreas com silvicultura e pastagens. Em campo, não foram verificadas feições erosivas.

6.4.4. Unidade IV - Areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas

Essa unidade se refere aos topos da Formação Piraçununga e Sub-grupo Itararé. Essa unidade foi separada devido ao seu menor potencial erosivo em relação às unidades de encostas.

Suas declividades variam de 3 a 12%, e as altitudes de 540 a 800 metros. Quanto às características geotécnicas, essa unidade possui alta a média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, material inconsolidado espesso a intermediário, média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida e baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Uma característica desta unidade é que as encostas são predominantemente convexas, e cobertas por cultura temporária e permanente, silvicultura, floresta e pastagens.

Embora essa unidade possua média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida, em campo não foram observadas feições erosivas que comprovassem essa característica.

6.4.5. Unidade V – Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas

Essa unidade é formada por intrusões de diabásio, caracterizado pela presença de “terra roxa”. Os diabásio são constituídos de minerais de baixa resistência à decomposição (IPT, 1981b), portanto possuem solos de alteração profundos, principalmente nos topos.

Em campo, foi encontrada uma cachoeira em diabásio (fotos na Prancha 5). Essas cachoeiras normalmente são formadas em locais onde a estruturação é grande ou em locais de quebra de relevo ou contato geológico.

As altitudes variam de 600 a 800 metros, chegando a valores de 900 metros de altitude no extremo oeste da área de estudo. As declividades variam de 3 a 12%, sendo que no extremo oeste, no relevo residual de diabásio, chega a 38%.

Essa unidade possui áreas com média permeabilidade, baixa a média relação escoamento/infiltração, grande a média espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo a intermediário e material inconsolidado espesso a intermediário.

Quanto à suscetibilidade, essas áreas possuem média a baixa suscetibilidade a ocorrência de erosão linear reduzida e de movimentos gravitacionais de massa. São áreas adequadas para a expansão urbana, desde que seja feito um planejamento adequado. A presença de blocos rochosos aflorantes (matacões), que ocorrem principalmente em áreas onde existe intervenção antrópica, dificulta o estabelecimento de determinados usos.

Em relação ao uso e cobertura da terra, predominam as culturas temporárias, principalmente cana-de-açúcar, seguida de culturas permanentes, como laranja, e fragmentos de florestas.

6.4.6. Unidade VI - Granitos e migmatitos em relevo de colinas

Essa unidade está localizada no extremo nordeste da área de estudo, no complexo migmatítico-granítico. Os vales são abertos, as encostas predominantemente convexas, com algumas côncavas, a suscetibilidade à erosão linear induzida é média a alta, e a suscetibilidade à erosão linear e movimentos gravitacionais de massa é baixa.

As áreas inseridas nessa unidade possuem alta permeabilidade, baixa relação escoamento/infiltração, grande espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo e material inconsolidado espesso. Existem afloramentos de blocos rochosos (matacões), o que denota a potencialidade de queda ou rolamento desses blocos. Porém, como a declividade é baixa, de 0 a 6%, a potencialidade de ocorrer é baixa. As altitudes variam de 540 a 700 metros. O uso predominante é a cultura temporária (cana-de-açúcar) e alguns locais com mata ciliar e fragmentos de florestas.

6.5. Carta de Zoneamento Geoambiental

Após a execução da análise multicritério proposta nesta pesquisa, através da ferramenta *Raster Calculator* do software *ArcGis* 10.1, foram definidos os intervalos de valores para cada classe de acordo com o método *Natural Breaks* (quebras naturais). Como foi feita uma multiplicação, foram definidas no máximo 9 classes (3 x 3), e no mínimo 1 classe (1 x 1), de acordo com os pesos de 1 a 3 definidos na

pesquisa. No método *Natural Breaks*, os intervalos são determinados por meio de um método estatístico, de forma que a variância dentro de cada classe é minimizada, fornecendo categorias que apresentam valores mais homogêneos possíveis dentro das classes. Desta forma, o erro é reduzido, permitindo uma representação mais verdadeira dos dados. Neste método, o número de classes precisa ser definido pelo especialista executor. Nessa pesquisa, seis foi o número de classes que apresentou melhor resultado, conforme o histograma apresentado na Figura 16.

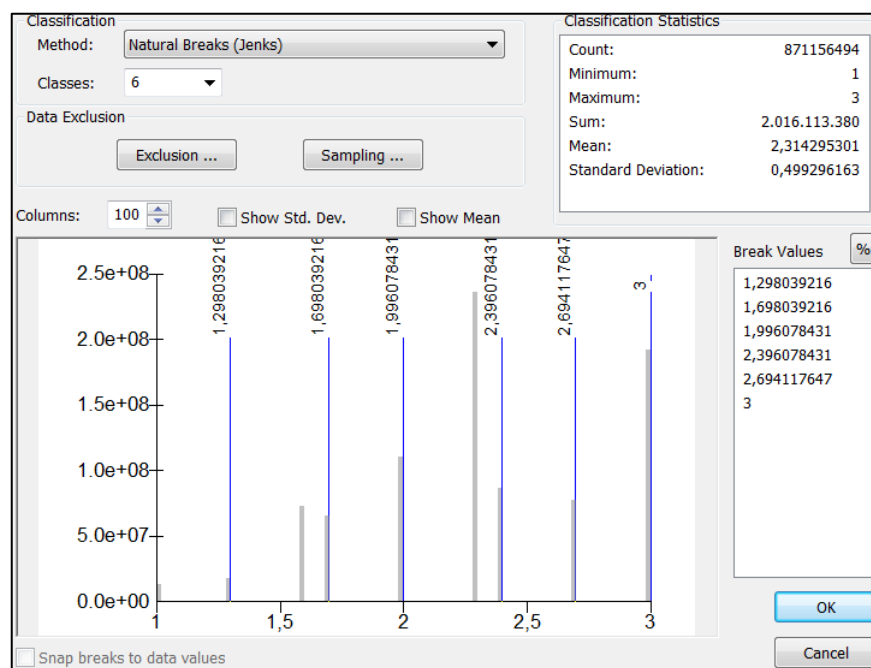


Figura 16. Histograma de distribuição dos intervalos de classes definidos para o zoneamento geoambiental.

Para a escolha das cores de cada classe, foi selecionada uma paleta de cores variando entre verde e vermelho, sendo o verde adotado para as classes de mais baixa fragilidade e vermelho para as classes de alta fragilidade (Figura 17).

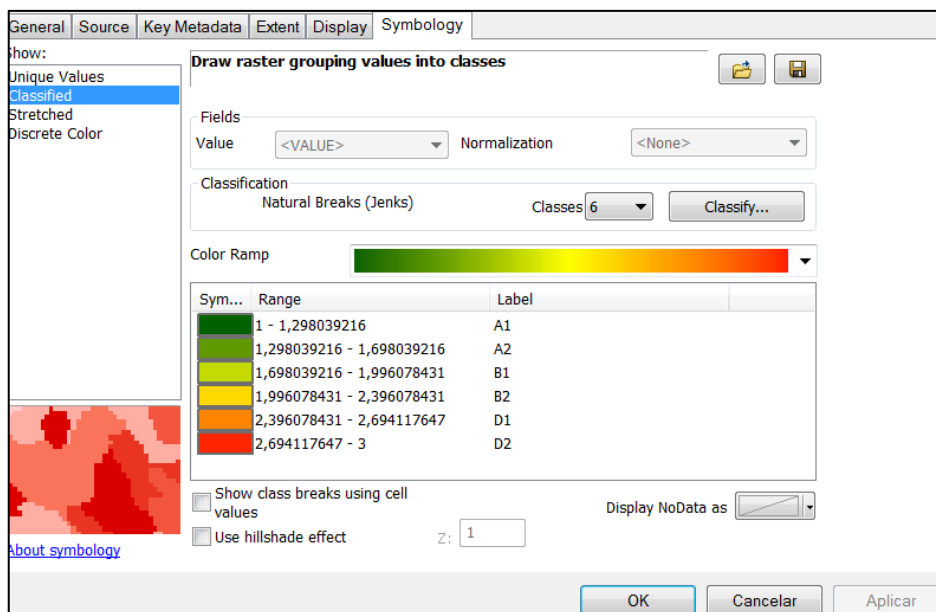


Figura 17. Intervalo de valores de cada Unidade Geoambiental.

É importante ressaltar que as áreas de APPs foram incorporadas à classe de mais alta suscetibilidade (D2), pois esta engloba as planícies aluvionares, que são áreas onde estão localizadas APPs ao entorno dos cursos d'água.

Foi delimitada mais uma classe para a área compreendida pela Unidade VI da Carta de Compartimentação Fisiográfica, recebendo a denominação: Unidade Geoambiental C. Essa delimitação ocorreu devido às suas características divergentes, apresentadas nas descrições das unidades abaixo. Essa Unidade foi denominada C pois ela possui média potencialidade à ocorrência de processos físicos.

Como resultado, foram delimitadas sete Unidades Geoambientais, que estão apresentadas na Carta de Zoneamento Geoambiental (APÊNDICE 13) e descritas a seguir.

6.6.1. Unidade Geoambiental A

Esta unidade é caracterizada pela ocorrência de solos argilosos, com denominação “terra roxa”, formados a partir da alteração de rochas intrusivas básicas em relevo de morros. A Unidade Geoambiental A corresponde à Unidade V (Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas), e está subdividida em duas sub-unidades, denominadas A1 e A2, devido às suas

características de uso e cobertura da terra, sendo a primeira recoberta por floresta e a segunda por culturas temporárias e permanentes.

Na Carta de Zoneamento Geoambiental, essas duas sub-unidades correspondem às de baixo grau de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico, como inundação, movimentos de massa e erosão.

- **Sub-unidade Geoambiental A1**

Representa áreas com baixa ou inexistente potencialidade para a ocorrência de processos do meio físico, devido à sua proteção por vegetação arbórea densa, juntamente com sua baixa suscetibilidade natural aos processos.

No entanto, existe uma forte pressão de atividades agrícolas instaladas ao seu entorno, e a supressão da vegetação deixará essas áreas suscetíveis. Deste modo, a recomendação é a preservação dessas matas, por meio de legislação, podendo ser integradas à Reserva Legal das propriedades, ou então, por meio de técnicas preservacionistas, como é o caso de implantação de corredores ecológicos, para aumentar sua conectividade, uma vez que essas matas se encontram em pequenos fragmentos desconectados na paisagem.

- **Sub-unidade Geoambiental A2**

Representa áreas com intensa atividade agrícola, principalmente cana-de-açúcar, que, juntamente com outras culturas temporárias somam 67,8% da área total da sub-unidade, seguida pela cultura permanente, com 15,8%. Quanto aos processos do meio físico, nessas áreas não há potencial de ocorrência de inundações e movimentos de massa. Porém, os processos erosivos podem ocorrer em virtude do manejo incorreto em áreas agrícolas, principalmente em culturas temporárias, assim como em pontos isolados, como em estradas não pavimentadas.

Em campo, foi encontrada uma pedreira abandonada (Figura 18), que pode virar depósito clandestino de resíduos (lixo, entulho, sucata, etc), lagoas ou pode também ser ocupada pela população de forma desorganizada. Silva (2005) afirma que, conforme o que diz o artigo 225 da Constituição Federal, o minerador tem a obrigação de implantar um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), que

deve ser aprovado pelo órgão ambiental competente e que visa o uso futuro da área da área da pedreira.



Figura 18. Antiga extração de brita – Pedreira abandonada na área de estudo.

Nessas áreas, a presença de blocos rochosos aflorantes em alguns locais dificulta o estabelecimento de determinados usos. Como exemplo, em áreas de plantio, a presença desses blocos dificulta a mecanização da colheita, pois as máquinas podem ser estragadas se esbarrarem com um matacão. Na Figura 19, é mostrado o solo preparado para plantio de cana-de-açúcar, com presença de blocos de diabásio alterado.



Figura 19. Solo preparado para cultura temporária em área de terras roxas, com blocos de diabásio alterado.

Recomenda-se o manejo adequado e a rotação de culturas nas áreas agrícolas desta unidade, assim como a elaboração de estudos detalhados para a verificação da presença de matações que podem dificultar determinados usos.

6.6.2. Unidade Geoambiental B

Essa unidade corresponde à Unidade IV da Carta de Compartimentação Fisiográfica. Possui média a alta suscetibilidade à erosão linear induzida, devido ao solo arenoso, e baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Foi dividida em duas sub-unidades, B1 e B2, devido às características de uso e ocupação da terra, sendo a primeira coberta por florestas e silvicultura e a segunda por pastagens e culturas temporárias e permanentes.

- **Sub-unidade Geoambiental B1**

Essa sub-unidade tem como principal característica a potencialidade baixa ou inexistente para a ocorrência de processos do meio físico. Essa sub-unidade assemelha-se à Sub-unidade Geoambiental A1, em termos de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico e recomendações. No entanto, ela foi separada devido às distintas características do solo provenientes das Formações Piraçununga, Sub-grupo Itararé e Formação Serra Geral, sendo das duas primeiras predominantemente arenoso, e da última argiloso.

Quanto ao uso e cobertura, possui florestas e silvicultura, principalmente em áreas de reflorestamento.

- **Sub-unidade Geoambiental B2**

Essa sub-unidade diferencia-se da sub-unidade B1 devido ao tipo de uso predominante. O solo é arenoso, com média a alta potencialidade de ocorrência de processos do meio físico, principalmente erosão linear induzida, conforme apresentado pelo quadro de fotoanálise e fotointerpretação no APÊNDICE 8. Contudo, como nas atividades de campo não foram observadas feições erosivas,

essa sub-unidade foi considerada com médio grau de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico, sendo propícia para a expansão urbana.

Essa área recobre a maior parte do município de Casa Branca, sendo o principal uso a cultura temporária, principalmente cana-de-açúcar, com algumas culturas de milho e soja em pequenas áreas. Também existem culturas permanentes, como a de laranja e alguns locais com plantações de abacate. O manejo inadequado dessas áreas agrícolas pode acelerar a ocorrência de processos erosivos.

Para essas áreas, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas para os processos de erosão linear, assim como o manejo adequado e rotação de cultura em áreas agrícolas.

6.6.3. Unidade Geoambiental C

A separação desta unidade se deve ao fato de estar localizada no Embasamento Cristalino, no complexo migmatítico-granítico, referente à Unidade VI da Carta de Compartimentação Fisiográfica.

A principal característica da Unidade Geoambiental C é a ampla ocorrência de afloramentos rochosos, representados por matacões. Assim, a ocupação antrópica ou agrícola dessas áreas se torna difícil.

Essas áreas possuem média a alta suscetibilidade à ocorrência de erosão linear induzida. Na Figura 20, observa-se o desenvolvimento de feições erosivas na encosta convexa devido à formação de caminhos pelo gado.



Figura 20. Feições erosivas em encosta convexa na Unidade Geoambiental C.

O grau de suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos dessa unidade foi considerado médio devido às baixas declividades e amplitudes, tornando baixo o potencial de rolamento ou queda de blocos rochosos.

Recomenda-se a elaboração de estudos detalhados para a verificação da presença de blocos rochosos aflorantes que dificultam a instalação de determinados usos, assim como o manejo adequado das pastagens existentes.

6.6.4. Unidade Geoambiental D

Essa Unidade Geoambiental é a que possui maior grau de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico. Abrange as Unidades Fisiográficas I, II e III da Carta de Compartimentação Fisiográfica. Está dividida em duas sub-unidades, também devido ao tipo de uso e cobertura da terra. A sub-unidade D1 é coberta por florestas e a sub-unidade D2 por culturas temporárias e permanentes, área urbana, floresta e engloba as APPs presentes na área de estudo.

- **Sub-unidade Geoambiental D1**

Representa as áreas com solo arenoso, com florestas e matas ciliares. Nessas áreas, existem algumas voçorocas que já estão cobertas por vegetação (Figura 21), denotando um estágio mais avançado da erosão e, portanto, estável. Nessas áreas, a supressão da vegetação aumentará sua suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.



Figura 21. Voçoroca coberta por vegetação, demonstrando maior estabilidade.

Nessas áreas, existe alta potencialidade para a ocorrência de inundação e assoreamento nas áreas no entorno dos cursos d'água, sendo recomendados estudos para a contenção de assoreamento e inundação, assim como a preservação das matas ciliares e fragmentos florestais existentes. Essas áreas são impróprias para a ocupação urbana, e, para a instalação agrícola, deve ser feito um manejo adequado para que não sejam desencadeados processos erosivos. Também se recomenda estudos para a verificação da estabilidade de voçorocas existentes.

- **Sub-unidade Geoambiental D2**

Essa sub-unidade possui alta potencialidade para ocorrência de processos do meio físico, principalmente inundações e assoreamentos nas áreas de planície aluvionares. Essa sub-unidade abrange as áreas de APP, sendo, portanto, áreas restritas para a ocupação urbana. No entanto, a área urbana está localizada nessa área, denotando a falta de planejamento urbano no município de Casa Branca. Também possuem áreas com cultura temporária e permanente.

Essa sub-unidade possui a maior parte das voçorocas existentes no município, sendo grande parte delas próximas à área urbana, como está mostrado nas fotos das Figuras 22.



Figura 22. Áreas de ocorrência de voçorocas, danificando construções e muito próximas à área urbana.

Outro problema relacionado à essas áreas é a erosão fluvial, que ocorre em corpos d'água, quando estes estão sem a proteção da mata ciliar e quando não ocorre o manejo adequado. Na foto da Figura 23, observa-se uma área de pastagem com presença de processos erosivos fluviais, representado pelo solapamento das margens do leito.



Figura 23. Erosão fluvial na área de APP (solapamento das margens do rio).

O manejo inadequado das atividades agrícolas, assim como a pecuária, e a supressão da vegetação podem ocasionar a ocorrência de processos erosivos. Recomendam-se estudos detalhados para a contenção de processos erosivos, principalmente das áreas onde existem voçorocas, e para a contenção de assoreamento e inundação. Também se recomenda a prática de técnicas conservacionistas de manejo e a rotação de culturas nas áreas agrícolas para promover a proteção do solo.

7. CONCLUSÕES

Segundo Salomão e Iwasa (1995), a deflagração de processos erosivos está relacionada a diversos fatores de condições naturais do terreno, com destaque para cobertura vegetal (defesa natural contra a erosão), tipo de solo (textura, estrutura, permeabilidade, densidade, etc) e topografia (declividade). No caso da área de estudo, ficou visível que o problema da ocorrência de voçorocas está principalmente relacionado com o uso inadequado do solo, uma vez que as declividades não são significativas. Como exemplo, a área urbana estar localizada em áreas de encosta, com solo arenoso, o que representa grande potencial a ocorrência de erosão.

Através da compartimentação fisiográfica executada na pesquisa, com auxílio das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, obteve-se uma melhor compreensão da área de estudo em termos de especificidades do terreno, se mostrando um método eficiente e de fácil aplicação.

Pode-se concluir também que a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial mostrou-se bastante satisfatória para a classificação de uso e cobertura da terra, pois os alvos foram facilmente diferenciados. No caso da pesquisa, as imagens utilizadas são do ano de 2007/2010. Por meio da utilização do método proposto por Valeriano (1985) para verificação da exatidão do mapeamento, obteve-se um resultado insatisfatório, com exatidão de 80%, o que ressalta a importância do uso de imagens atuais para a elaboração desse tipo de mapeamento.

Em contrapartida, a utilização de imagens de alta resolução para o suporte das análises fisiográficas se mostrou desnecessária. Contudo, a utilização de imagens de média resolução (*Landsat 8*, resolução espacial de 30 metros e 15 metros) que assim como nos estudos de Silva et al. (2010), Nascimento e Garcia (2005), Oliveira et al. (2007) e Cardoso et al. (2009), foram capazes de salientar de forma satisfatória os elementos texturais do relevo necessários para análise.

No zoneamento geoambiental obtido como resultado da pesquisa, foram delimitadas quatro unidades, algumas divididas em sub-unidades devido às características de uso e cobertura e grau de suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico, como inundação, assoreamento, movimentos de massa e erosão.

A Unidade Geoambiental A é caracterizada pela ocorrência de solos argilosos, denominados “terra roxa”, formados a partir da alteração de rochas intrusivas básicas em relevo de morros. Essa unidade foi sub-dividida em Sub-unidade Geoambiental A1, com cobertura de florestas, e Sub-unidade Geoambiental A2, com culturas temporárias e permanentes, com destaque para cara-de-açúcar. Essa unidade possui menor grau de suscetibilidade aos processos do meio físico, sendo as mais adequadas para a ocupação urbana.

A Unidade Geoambiental B cobre a maior parte da área do município de Casa Branca, e é caracterizada pelos topos de solo arenoso proveniente das Formações geológicas Piraçununga e Sub-grupo Itararé, que possuem média a alta suscetibilidade à ocorrência de processos do meio físico. A sub-divisão dessa unidade ocorreu segundo os mesmos critérios que a Unidade Geoambiental A. Essa unidade não apresenta problemas significativos relacionados aos processos do meio físico, porém, ainda assim recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas para o processo de erosão linear, assim como o manejo adequado e rotação de culturas em áreas agrícolas.

A Unidade Geoambiental C corresponde à área localizada no complexo migmatítico-granítico, com ampla ocorrência de afloramentos rochosos, o que dificulta a ocupação agrícola ou antrópica nessas áreas. No zoneamento geoambiental, o grau de suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos nesta unidade é médio, devido ao potencial de rolamento ou queda de blocos rochosos. Para esta unidade, recomenda-se a elaboração de estudos detalhados para a verificação da presença de blocos rochosos aflorantes que dificultam a instalação de determinados usos, assim como o manejo adequado das pastagens

Por fim, a Unidade Geoambiental D e suas respectivas sub-unidades possuem alto grau de suscetibilidade para a ocorrência de processos do meio físico, sendo, portanto, áreas restritas para a ocupação urbana. No entanto, a área urbana está localizada nessa área, denotando a falta de planejamento no município de Casa Branca. Por isso, se torna necessário um planejamento para a expansão urbana no município, para que problemas com erosão sejam evitados ou minimizados. Nessas áreas, existe alta potencialidade para a ocorrência de inundação e assoreamento no entorno dos cursos d'água, sendo recomendados estudos para a contenção de assoreamento e inundação, assim como a preservação das matas ciliares e

fragmentos florestais existentes nas APPs. Ressalta-se que a maior parte de voçorocas existentes no município ocorre nessa unidade.

A metodologia adotada para a pesquisa, que abarcou tanto a abordagem integrada adotada por Zaine (2011) e Vedovello e Mattos (1998), quanto a abordagem multi-temática de Ross (1995), se mostrou bastante eficiente com vista nos resultados obtidos e apresentados. Portanto, espera-se que a presente pesquisa possa dar suporte às decisões do planejamento urbano no município de Casa Branca, e que os procedimentos descritos possam servir de base para a elaboração de zoneamentos geoambientais em outros municípios.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSINE, M. River avulsion on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, 70, 357 – 371. 2005.

ASWATHANARAYANA, U. **Geoenvironment: an introduction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1995.

AZEVEDO, A. A. B; MASSOLI, M. Geologia da Folha de Aguaí, SP. **Rev. IG**, São Paulo, 5(112).p. 39-4. 1984.

BRASIL. **Decreto nº 51.453**, de 9 de dezembro de 2006. Brasília, DF, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 89.817**, de 20 de junho de 1984. Brasília, DF, 1984.

BRASIL. **Decreto-lei nº 4.297**, de 10 de julho de 2002. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Brasília, DF, 1979.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1981.

CADAVID GARCÍA, E. A. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico da bacia hidrográfica brasileira do Rio Paraguai: uma abordagem numérica preliminar**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 65 p. 1991.

CARDOSO, D.; RIEDEL, P.S.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K. Compartimentação fisiográfica do município de Peruíbe, litoral de São Paulo - uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos. **Pesquisas em Geociências**, v.3, n. 36, p. 251-262, set./dez. 2009.

CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C. S.; CHIEREGATTI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M. DE; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. N.; YAMAMOTO, K.; RUMOND, J. B. V.; ROSA, D.B.; RAMALHO, R. Projeto Sapucaí. **Relatório final de Geologia**. Brasília: DNPM. 1979. 299 p. (Série Geologia, 5. Seção Geologia Básica, 2).

CAVALCANTI, A.P.B. (Org.). **Desenvolvimento sustentável e planejamento:** bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC, 1997.

CENDRERO, A. Desarrollo y tendencias de la Geología Ambiental en Europa. In: SEMINARIO Andino de Geología Ambiental, I.; CONFERÊNCIA Colombiana de Geología Ambiental, I., 30 abr.- 2 maio Medellín, 1990. **Memoria AGID/Report, 13.** Medellín, CO., 1990.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>> Acesso em 10 out 2013.

CEZAR, R. V. Carta geoambiental (1:50.000) e trilhas interpretativas da Zona Turística do Vale do Pati, Chapada Diamantina – BA. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2011.

CIPREJIM - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE PRESERVAÇÃO DA BACIA DO RIO JAGUARI MIRIM. **Sistema de informação da bacia hidrográfica do Rio Jaguari Mirim bases para a conservação e proteção de mananciais superficiais relatório técnico.** 2010. Disponível em: <http://www.ciprejim.net/index_arquivos/Diagn%C3%B3stico%20da%20Bacia%20do%20Rio%20Jaguari%20Mirim.pdf> Acesso em: 10 out 2013.

CHOIRAT, C.; SERI, R. **Analytic Hierarchy Process, a Psychometric Approach.** Dipartimento di Economia di Università del l'Insubria, Itália. 2001. Disponível em: <<http://cchoirat.pagesperso-orange.fr/Choirat-Seri-ACSEGPaper-2001-AHP.pdf>> Acesso em: 25 out 2013.

CHRISTIAN, C. S., STEWART, G. A. **General Report on Survey of Katherine Darwin Region, 1946.** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, Land Research Series 1, 1953.

COYLE, G. **The Analytic Hierarchy Process (AHP).** Pratical Strategy. Open Access Material. Pearson Education Limited. 2004.

CORRÊA, C. V. S. Zoneamento geoambiental da região compreendida pelas folhas topográficas São José dos Campos e Jacareí - SP. Dissertação de Mestrado - Pós-graduação em Geociências - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2013.

CORRÊA, P. R. S.; RAMOS, V. L. S. Mapa Geoambiental. In: PROJETO Mapas Municipais- Município de Morro do Chapéu, BA. Salvador: CPRM, Programa Nacional de Gestão e Administração Territorial – GATE. 1995.

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

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1992.

CUNHA, M. L. C, MENDES, I. A. Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 3(1), p. 111-120, jan-jun – 2005.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO; UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Folha Ribeirão Preto. São Paulo, 1982.

DA SILVA, C. R., DANTAS, M. E. **Mapas Geoambientais**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em:
<http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SC GG.pdf> Acesso em: 30 ago 2012.

DE BIASE, M. Cartas de declividade: Confeção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p. 8-12, 1970.

DEL'ARCO, J. O.; RIOS, A. JU.; DAMBRÓS, L. A; TARAPANOFF, I.; NOVAES, A. S. S. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Araguaia**. Trecho Barra dos Garças (MT) – Luiz Alves (GO). Rio de Janeiro: AHITAR/IBGE, SENAMA, Painel Comunicação. 1999.

DI GREGORIO, A. **Land cover classification system (LCCS), version 2: classification concepts and user manual**. Roma: FAO, 2004.

FARIA, D. G. M.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 34 (1), p. 23-44, 2013.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. **Situação atual da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%OD/rarv/v28n4/22611.pdf>> Acesso em: 12 jan 2014.

FIGUEIREDO FILHO, M.P; FRANKES, L.A. Itararé Sub-group, Tubarão Group in the Mococa - Casa Branca region - São Paulo State. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, 17(1):59-63. 1968.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 118. 2008.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 35. 2002.

FRANZONI, A. M. B. Avaliação do meio físico para fins de planejamento geoambiental no traçado e manutenção de rede viária: Ilha de Santa Catarina. Tese Doutorado, Pós-graduação em Geociências - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2000.

FREITAS, R. O.; MEZZALIRA, S.; ODA, G. H.; VIEIRA, P. C.; TORRES, C. C.; HACHIRO, J.; TOMINAGA, L. K.; DEHIRA, L. K.; MASSOLI, M.; AZAVEDO, A. A. B.; PRESSINOTI, M. M. N. Projeto de levantamento geológico de formações superficiais. In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro. **Atas**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, v.2 p.263-277. 1979.

FÚLFARO, V. J. O Cenozóico na bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro. **Atas**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. 1979. v.1, p. 231-241.

FURLANI, G. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca**. Dissertação de Mestrado. FFLCH, USP. São Paulo, SP. 1980

GENDEREN, J.L. van; LOCK, B. F. Testing land-use map accuracy. In: **Photogrammetric engineering and remote sensing**. Vol. 43, N. 9, set. 1977, p. 1135-1137.

GINEVAN, M. E. Testing Land-Use Map Accuracy: Another Look. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 45, n. 2, p. 167-176, 1979.

GRECCHI, R. C. Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos/USP. 1998.

GUY, M.. Quelques principes e quelques experiences sur la metodologie de la photo-interpretation. In: SIMPOSIUM Internacional de Photo-Interpretation, (SIPI, Paris). **Anais...** Paris, 1966.

HERBERTSON, A. The major natural regions: an essay in systematic geography. **Geographical Journal**, 1905.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010. CIDADES @**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=351080&search=sao-paulo|casa-branca>> Acesso em: 10 mai 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Casa Branca**. São Paulo: IBGE, 1972a. Folha SF-23-V-C-V-4. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha do Rio Tambaú**. São Paulo: IBGE, 1972b. SF-23-V-C-V-2. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de São João da Boa Vista**. São Paulo: IBGE, 1972c. SF-23-V-C-VI-3. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de São José do Rio Pardo**. São Paulo: IBGE, 1969. SF-23-V-C-VI-1. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de uso da terra**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Primeiros dados do Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=35> Acesso em: 20 out 2012.

IF – INSTITUTO FLORESTAL. **Casa Branca**. 2014. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protegidas/estacoes-experimentais/casa-branca/>> Acesso em: 3 jan 2014.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Formações Geológicas de superfície**: Folha Geológica Casa Branca. São Paulo: IG, 1983. SF-23.V-C-V-4. Escala 1:50.000.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Formações Geológicas de superfície**: Folha Geológica do Rio Tambaú. São Paulo: IG, 1985. SF-23.V-C-V-2. Escala 1:50.000.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Formações Geológicas de superfície**: Folha Geológica São João da Boa Vista. São Paulo: IG, 1982. SF-23.V-C-VI-3. Escala 1:50.000.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981a. Escala 1:1.000.000

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981b. Escala 1:500.000

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Planejamento de áreas irrigadas e transferência da tecnologia do sistema de controle da irrigação por pivô central, através do uso de tensiômetros de faixas, para os agricultores do município de Casa Branca, SP**. São Paulo, 1997.

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; NUNES, E.; MATTOS, J. T. de. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha São José de Mipibu - RN. **Geociências**, São Paulo, **12**(2): 481-491. 1993.

JIMÉNEZ- RUEDA, J.R.; LANDIM, P.M.B.; MATTOS, J.T. Gerenciamento Geoambiental. In: TUK-TORNISIELO, S.M.; GOBBI, N.; FORESTI, C.; LIMA, S.T. (orgs.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T.A. Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf; Rio Claro, SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP. p. 327-329. 1995.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIMA, K.C.; CUNHA, C.M.L.; PEREZ-FILHO, A. Difficulties and possibilities of mapping geomorphological in brazilian semi-arid. **Brazilian Magazine of Cartography**, 65: 1063-1073 (in Portuguese). 2013.

LISBOA, A.M. Zoneamento Geoambiental aplicado ao planejamento da gestão ambiental e territorial do município de Colorado d'Oeste. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP) 2008.

MAIA, M. S. O. Zoneamento geotécnico do sítio urbano do município de Rio Branco/AC e seus arredores, para fins de planejamento com ênfase à expansão urbana, através do sensoriamento remoto. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2003.

MARETTI, C. C. Exemplos de geologia aplicada a um processo de planejamento costeiro: cartas geológico-geotécnicas da região estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia e da Ilha Comprida. 1998. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

MASSOLI, M. Geologia do Município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Revista IG**, São Paulo, 2(2):35-45, jun./dez. 1981.

MATTOS, J. T. DE, BALIEIRO, M. G., SOARES, P. C., BARCELLOS, P. E., MENESES, P. R., CSORDAS, S. M. **Análise morfoestrutural com uso de imagens MSS-Landsat e radar para pesquisa de hidrocarbonetos no Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, jun. 1982.

MORAES, F. T. Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências - Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2007.

NASCIMENTO P. S.R.; GARCIA G.J. Compartimentação fisiográfica para análise ambiental do potencial erosivo a partir das propriedades da rede de drenagem. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.231-241, 2005.

OHARA, T. Zoneamento geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto. 1995. 213f. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geologia Regional - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 1995.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Legenda Expandida. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Solos, 1999.

OLIVEIRA, T. A. RIEDEL, P. S.; VEDOVELLO, R.; SOUZA, C. R. G; BROLLO, M. J. Utilização de técnica de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananéia, SP – apoio ao planejamento territorial e urbano. **Revista Geociências**, UNESP, v. 26, n. 1, p. 55-65, 2007.

PAULA, J. P. L. de; ZAINÉ, J. E.; LIMA M. S.; OLIVEIRA, E. M. de. Análise fisiográfica aplicada à elaboração de mapa geológico-geotécnico de região da Serra do Mar e Baixada Santista. **Revista Geociências**, UNESP, v. 27, n. 2, p. 249-264, 2008.

PETAK, W. J. Environmental planning and management: the need for an integrative perspective. **Environmental Management**, New York, v. 4, n. 4. 1980.

PILACHEVSKY, T. Zoneamento Geoambiental do município de São João da Boa Vista (SP). Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP 2013.

PINTO, S. A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica**. São José dos Campos: (INPE- 5311-TAE/09). 134p. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1991.

PIVELLO, V. R., BITENCOURT, M. D., MANTOVANI, W., MESQUITA JÚNIOR, H. N., BATALHA, M. A., SHIDA, C. N. Proposta de zoneamento ecológico para a reserva de cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**. Rio Claro, v.2, n. 2. 1998.

PONÇANO, W. L.; KERTZMAN, F. F.; SALOMÃO, F. X. de T. Fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos no desenvolvimento de boçorocas na Bacia do Peixe-Paranapanema. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, São Paulo, 1987. **Anais**. São Paulo, ABGE, V.2, p. 413-422.1987.

PRANDINI, F. L.; SEOANE, J. C. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F.; FURLANI, G. M. Suscetibilidade à erosão por boçorocas como condicionante ao uso planejado do território: plano diretor do Município de Casa Branca - SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, São Paulo, 1989. **Anais**. São Paulo, ABGE, p. 269-278. 1989.

RIVAS, V.; FRANCÉS, E. DIAZ, J.R; CENDRERO, A. Conservation and restoration of Endangered Coastal areas: The case of estuaries innorthen Spain. **Ocean Costal Managenant**, v. 23, p. 129-147, 1994.

RIVEREAU, J. C. Notas de aulas do curso de fotointerpretação. In: SEMANA DE ESTUDOS - SICEG, 11., 26-31 out. 1972, Ouro Preto, MG. **Fotografias Aéreas - Aplicações Técnicas**. Ouro Preto, MG, 1972.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juíz de Fora: Ed. do Autor, 220p., 2000.

RODRIGUEZ, J.M.M. Geografia das paisagens, Geoecologia e Planejamento Ambiental (entrevista). **Formação**, Presidente Prudente, v.1, n.10, p.7-27, 2003.

ROKOS, D.; ARGIALAS, D.; MAVRATZA, R.; SEYMOUR-ST., C.; VAMVOUKAKIS, K.; KOULI, M.; LAMERA, S.; PARASKEVAS, H.; KARFAKIS, I.; DENES, G. Structural Analysis for Gold Mineralization Using Remote Sensing and Geochemical Techniques in a GIS Environment: Island of Lesvos, Hellas. **Natural Resources Research**, 9, p. 277–293. 2000.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8. p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH, USP, São Paulo, n. 9, 1995.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 351-388, 1998.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. USP/IPT/FAPESP. Escala 1:500.000. 1997.

ROSSETI, L. A. Zoneamento Agrícola em aplicações de créditos e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3.Número especial. 2001.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw Hill International. 1980.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. U. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: ITAR,O.Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. Associação Brasileira

de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Espaciais (IPT), São Paulo, SP. Cap. 3, p. 31-58. 1995.

SÁNCHEZ, R. O. **Bases para o ordenamento ecológico-paisagístico do meio rural e florestal: zoneamento agroecológico**. Cuiabá: Fundação de Pesquisas Cândido Rondon. 1991.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. Oficina de Textos, São Paulo. 184 p. 2004.

SAUNDERS, J. H. **Comparison of Decision Accuracy in the Analytic Hierarchy Process and Point Allocation**. Washington. 1994. Disponível em: <<http://www.johnsaunders.com/papers/ahpvpa/ahpvpa.htm>> Acesso em: 16 out 2013.

SCHMIDT, W.; COELHO, R.D.; JACOMAZZI, M.A.; ANTUNES, M.A.H. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I – Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/ PB, v. 8, n. 2/3, p.330-333, 2004.

SILVA, C.N. **Diagnostico Ambiental de Áreas de Pedreiras Abandonadas na Cidade de Salvador-BA com Ênfase na Estabilidade de Taludes**. Salvador: Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2005.

SILVA, P. F.; VEDOVELLO, R.; FERREIRA, C.; CRIPPS, J.; BROLLO, M.; FERNANDES, A. Geo-environmental mapping using physiographic analysis: constraints on the evaluation of land instability and groundwater pollution hazards in the Metropolitan District of Campinas, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v.61, n.8, p. 1657-1675, 2010.

SILVA, J. V., SANTOS, R. F. **Zoneamento para planejamento ambiental. Vantagens e restrições de métodos e técnicas**. Caderno de Ciências e Tecnologia. Brasília, v. 21, n. 2. 2004

SIGRH – SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo (2013)**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plu?qwe=qwe>> Acesso em: 7 out 2013.

SLOCOMBE, D. S. Environmental planning, ecosystem science and ecosystem approaches for integrating environment and development. **Environmental Management**, New York, v. 17, n. 3, 1993.

SOARES, P.C., FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, v.32, n. 6, p. 71-104, 1976.

STEFANI, F. L. Zoneamento Geoambiental da região de Casa Branca – SP. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE. São José dos Campos, SP. 2003.

TEKNOMO, K. **Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial**. 2006. Disponível em: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/>. Acesso em: 20 out 2013.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M.G. **Projeto Curitiba - Informações Básicas sobre o Meio Físico**: subsídios para o planejamento territorial: Folha Curitiba – 1:100.000. São Paulo: CPRM/COMEC. 1994. 109 p., Mapa. 1994.

TINÓS, T. M. Mapeamento geológico-geotécnico a partir de Metodologia de análise integrada: ensaio de Aplicação no município de Poços de Caldas – MG. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP 2011.

TOLEDO FILHO, D. V. de; BATISTA, E. A.; BUZATTO, O.; COUTO, H. T. Z. do. Estudo fitossociológico em uma área de cerrado com transição para mata no município de Casa Branca - SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 53-64, jun. 2002.

TOMINAGA, L. K. Geologia da Folha de São João da Boa Vista. Revista IG, São Paulo, v.2, n.1, p.21-29, jan./jun. 1981.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

VALERIANO, D. M. Processamento digital de dados do MS-Landsat aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do rio Tubarão, S.C.: metodologia e estimativa de exatidão de classificação. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985.

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

VEDOVELLO, R. Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs. Tese de Doutorado – Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 2000.

VEDOVELLO, R. Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico: aplicação em expansão urbana. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.

VEDOVELLO, R., MATTOS, J.T. A Utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas: Uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, ABGE, 1998.

VIEIRA, P.C. Geologia da Folha de Rio Capetinga. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 3(2): p. 23-52. 1982.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento e aplicações em geologia**. INPE. São José dos Campos, 61 p. 1982.

VENEZIANI, P.; SANTOS, A. R.; CREPANI, E.; ANJOS, C. E.; OKIDA, R. Mapa de classes de erodibilidade de parte da região do rio Taquari baseado em imagens TM-Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, Número Especial, p. I 747--1754, out. 1998.

WANG, Y.; COLBY, J. D.; MULCAHY, K. A. An efficient method for mapping flood extent in a coastal flood plain using Landsat TM and DEM data. **International Journal of Remote Sensing**, 23(18), 3681–3696. 2002.

WERNICK, E. Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 206-216. 1978.

WERNICK, E.; PENALVA, F. Feições estruturais de migmatitos ao norte e sul da falha de Jacutinga, leste do Estado de São Paulo. *Ciência e Cultura*, v.25 (supl.) n.6, p.183. 1973.

WERNICK, E., PENALVA, F. Contribuição à geologia do Grupo Pinhal, SP e MG. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 10, n.1, p.43-62. 1980a.

WERNICK, E., PENALVA, F. O Grupo Pinhal na região sudeste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas do Estado de Minas Gerais. Bol. IGUSP, São Paulo, p. 1-20. 1980b.

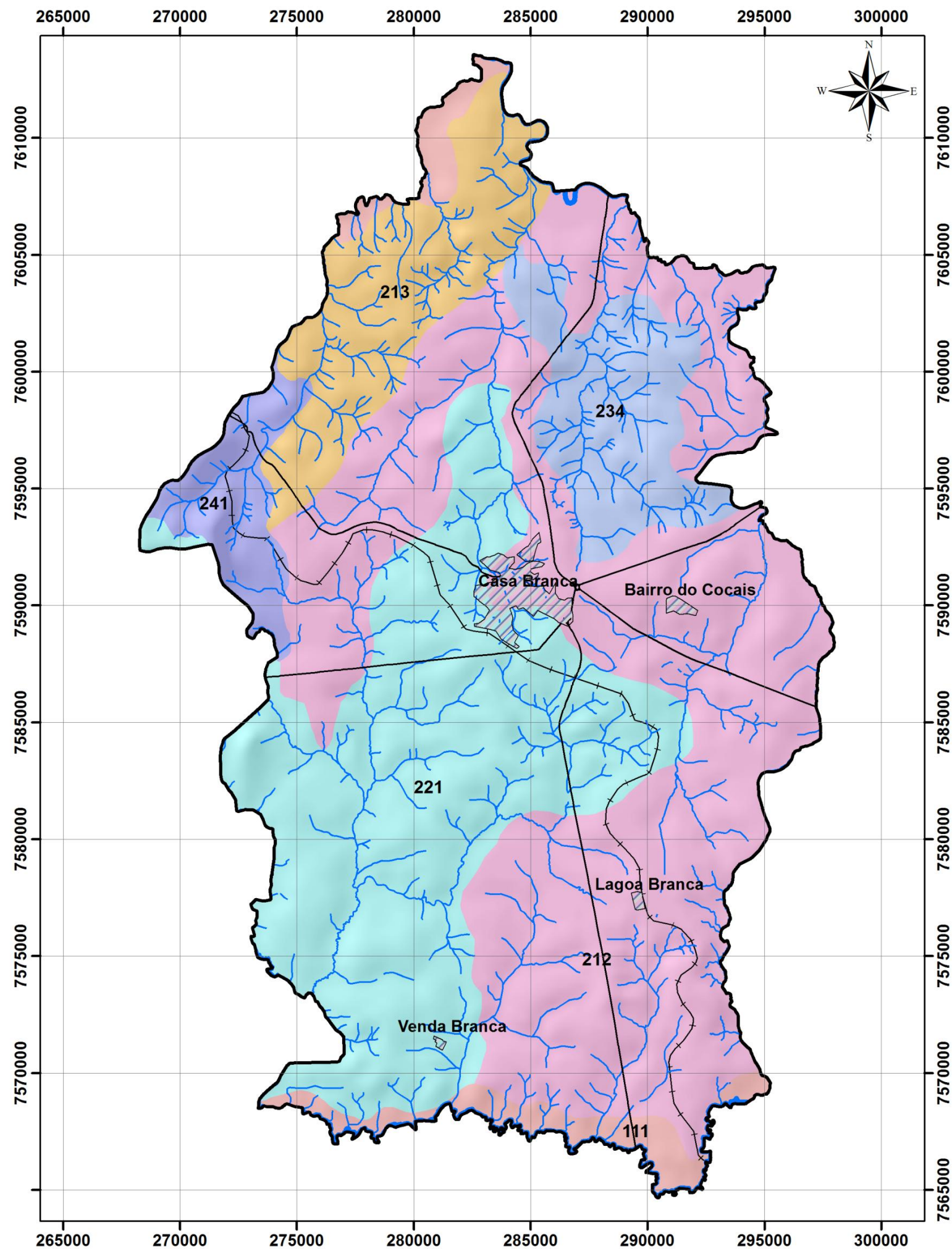
WISHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, 58 p. 1978.

ZAINE, J. E. Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

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

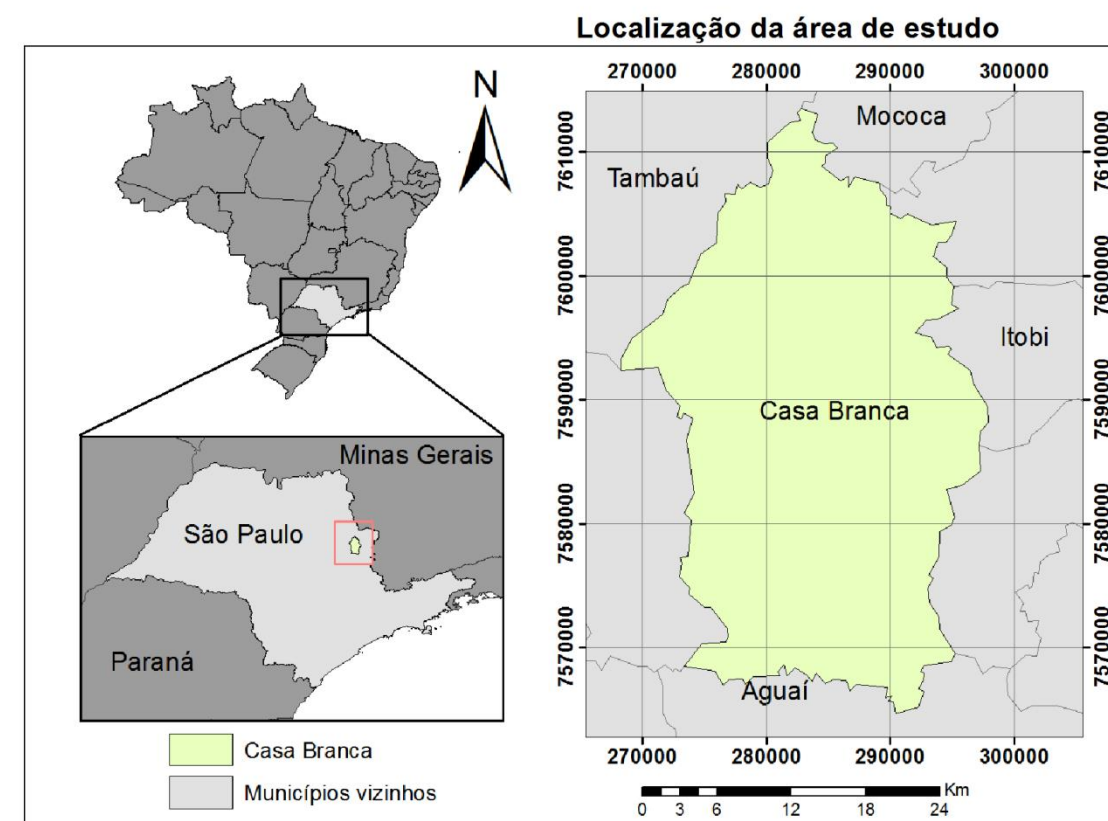
APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Mapa Geomorfológico



- Legenda**
- Limite municipal de Casa Branca
 - Área urbana
 - Rodovias
 - Cursos d'água
 - Ferrovia

- Unidades Geomorfológicas**
- 111 - Planícies Fluviais
 - 212 - Colinas Amplas
 - 213 - Colinas Médias
 - 221 - Morros Amplos
 - 234 - Morrotes Alongados e Espigões
 - 241 - Morros Arredondados



Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:200.000

0 2 4 8 12 Km

Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

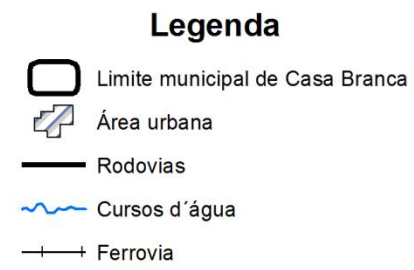
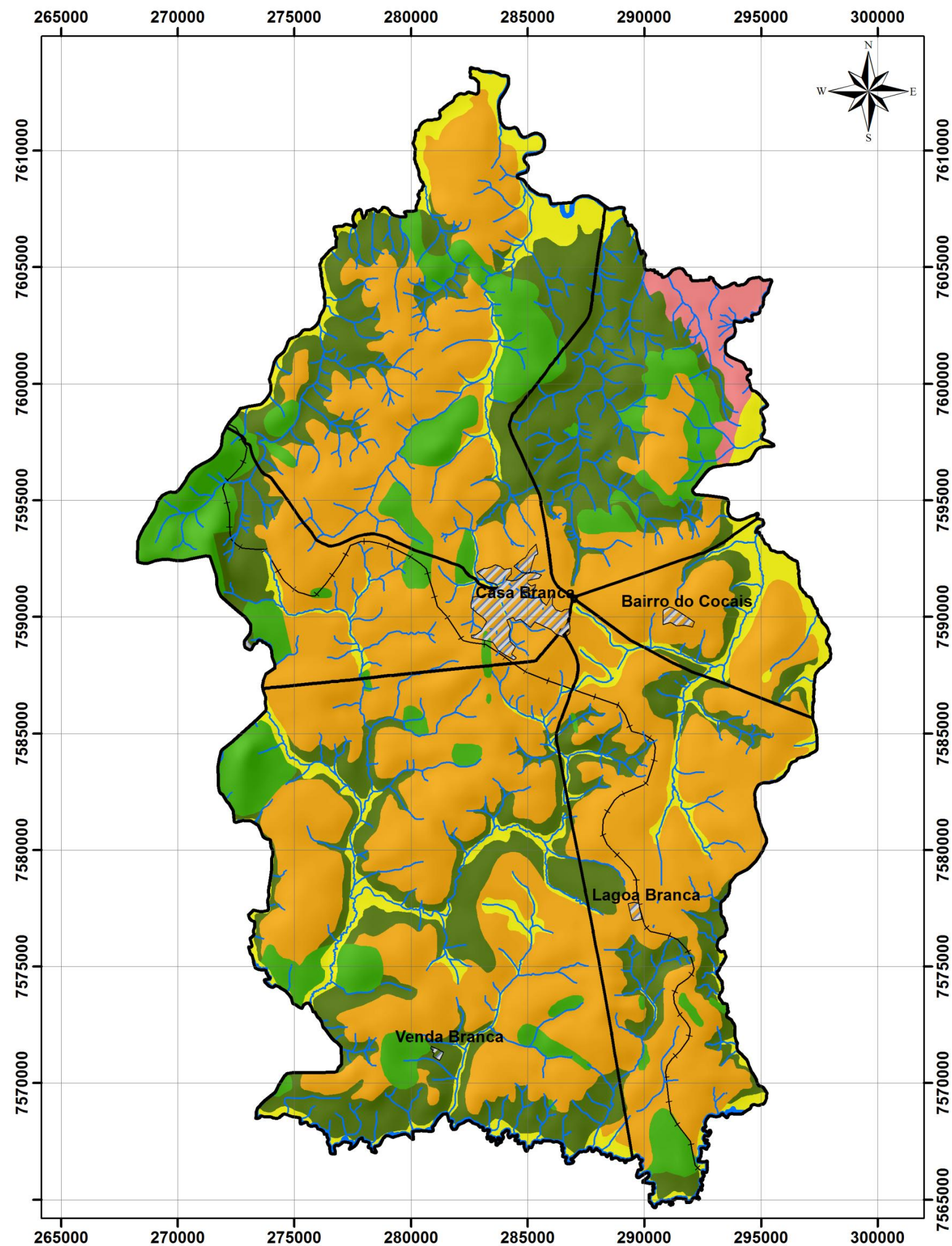
"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"

APÊNDICE 1 - Mapa geomorfológico

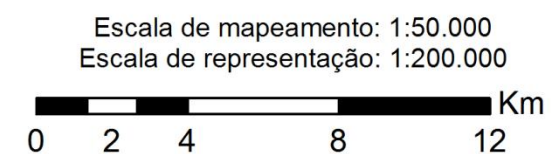
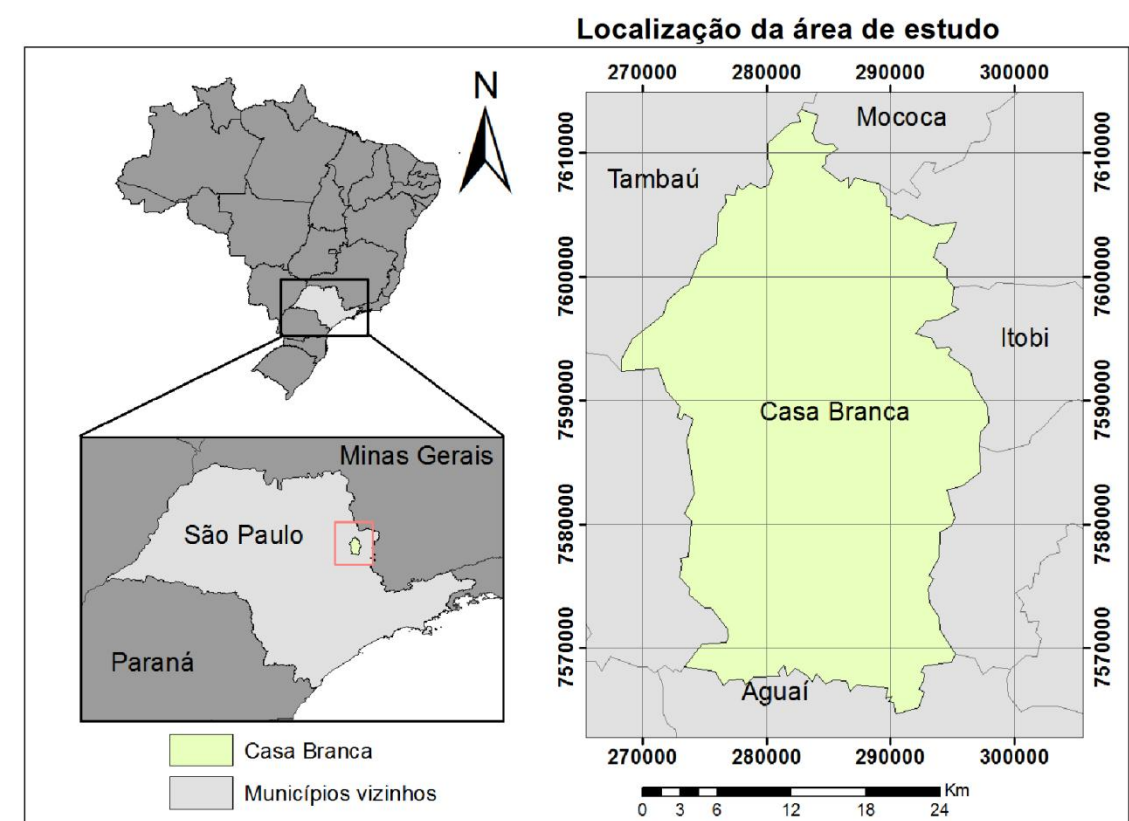
Projeção UTM
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IPT (1981)

Apio:

APÊNDICE 2 – Mapa Geológico



Legenda	Estratigrafia	Descrição
Q	Aluvião	Areias e argilas inconsolidados, com ocorrência de níveis de cascalhos localizados
Ksg	Formação Serra Geral	Intrusão de diabásio
PCi	Sub-grupo Itararé	Arenitos imaturos, conglomerados, siltitos, diamictitos e litotipos
Tp	Formação Piraçununga	Areia argilosa inconsolidada muito pobremente selecionada e cascalheiras, sendo interpretada como sendo de origem coluvial
pEmg	Complexo Pinhal	Complexo migmatítico-granítico





Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"

APÊNDICE 2 - Mapa geológico

Projeção UTM

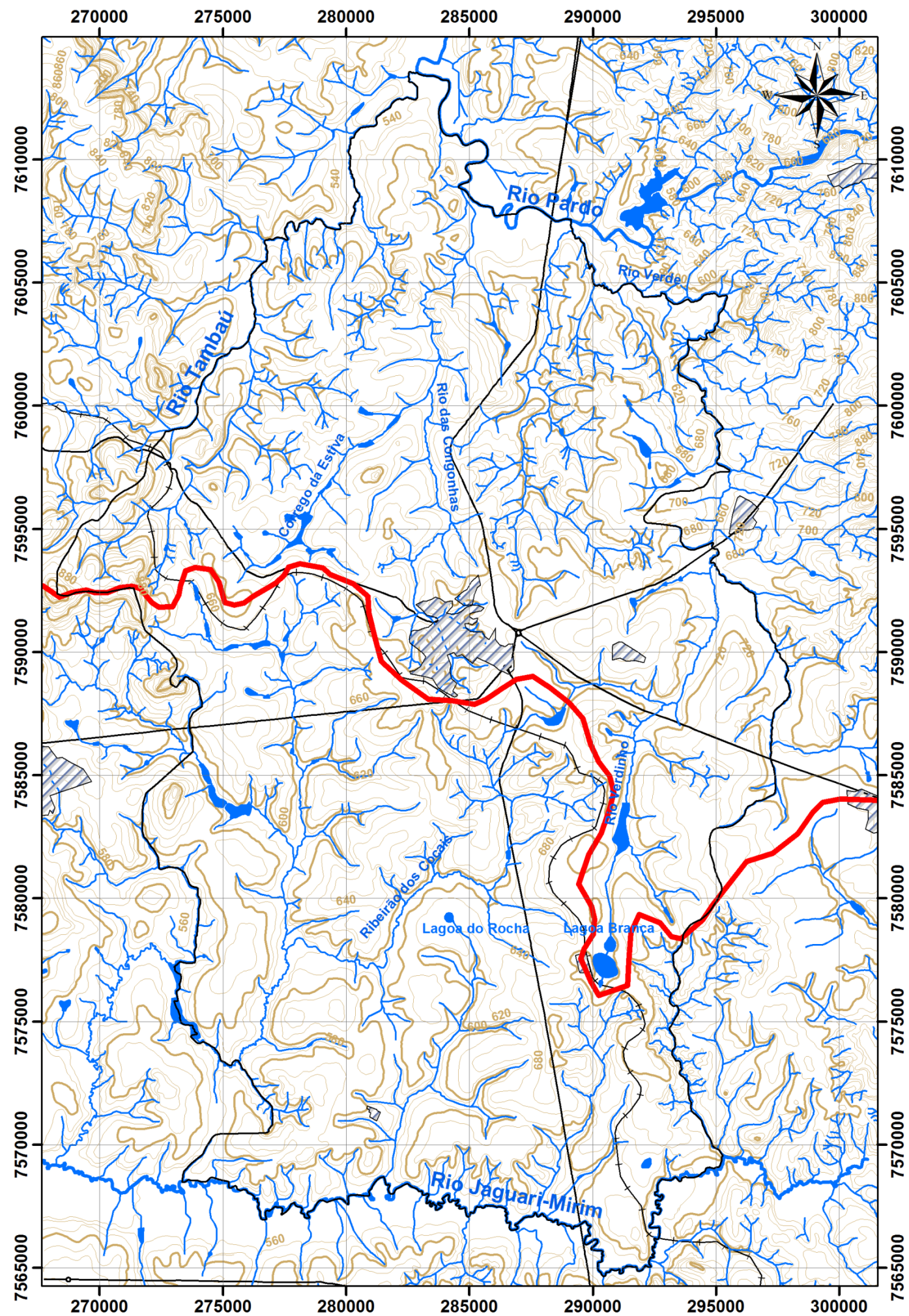
Datum horizontal: WGS 1984

Fuso 23, hemisfério Sul

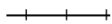
Fonte: IG (1982, 1983, 1985); DAEE/UNESP(1982).

Apoio:

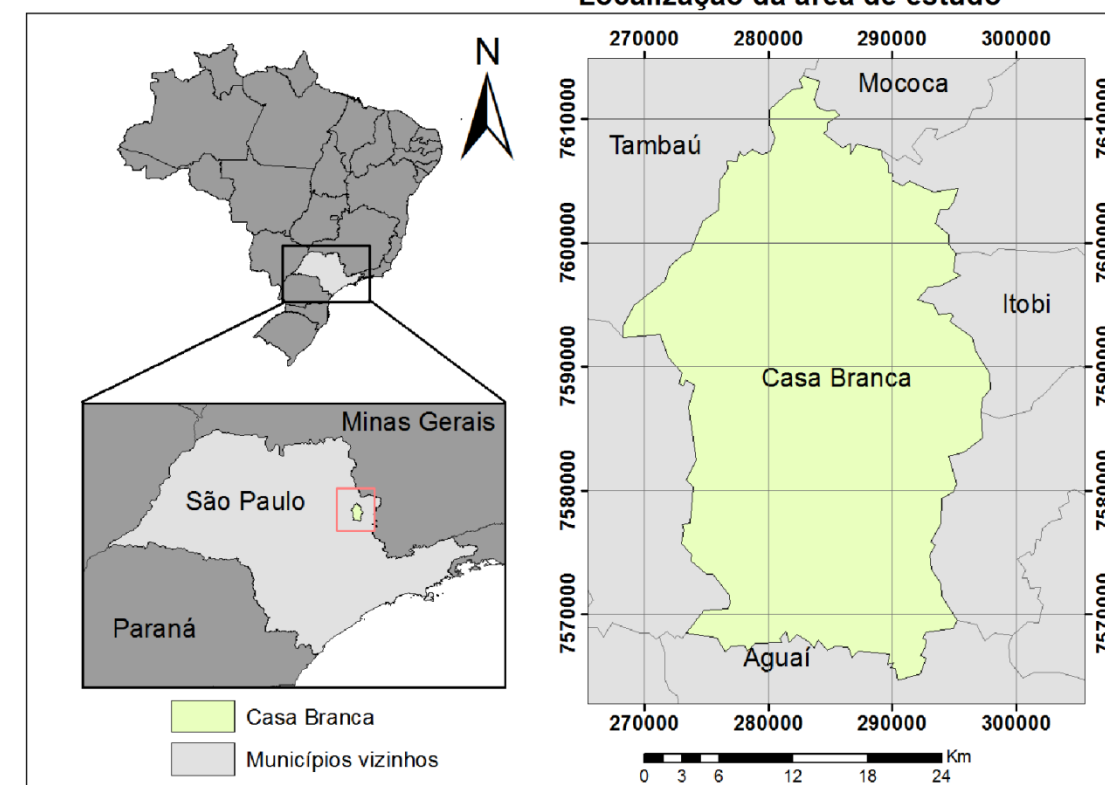
APÊNDICE 3 – Mapa de hidrografia e curvas de nível



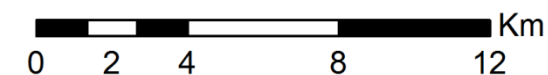
Legenda

-  Limite municipal de Casa Branca
-  Área urbana
-  Divisor de águas (Bacia do Pardo ao Norte e Bacia do Mogi-Guaçu ao Sul)
-  Ferrovia
-  Rodovias
-  Cursos d'água
-  Represamentos
- Curvas de nível**
-  Curvas de nível intermediárias
-  Curvas de nível mestras

Localização da área de estudo

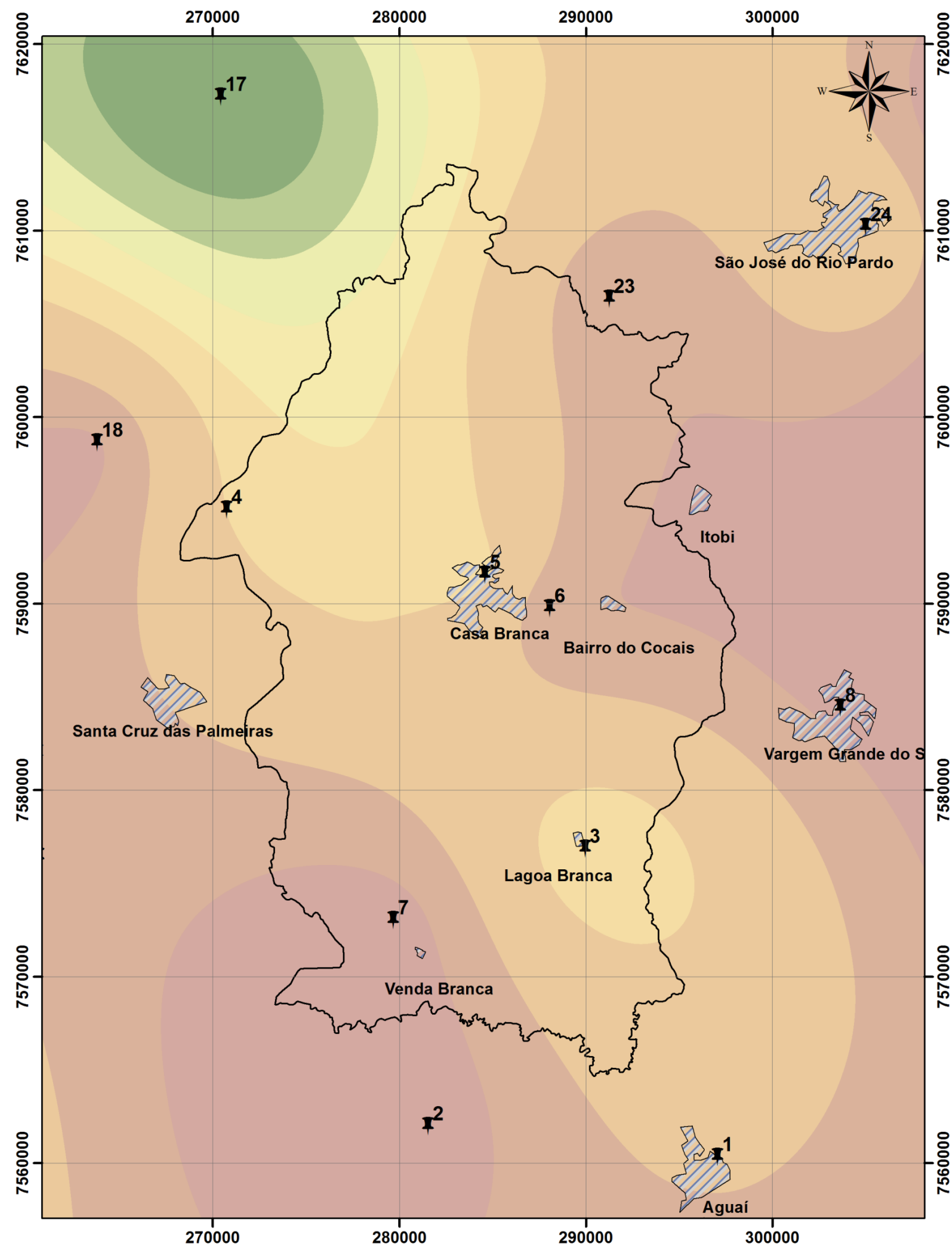


Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:200.000



 Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"
APÊNDICE 3 - Mapa de hidrografia e curvas de nível
Projeção UTM
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IBGE (1972a, b e c);
IBGE (1969).
Apoio:

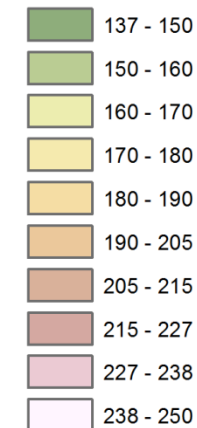
APÊNDICE 4 – Mapa de distribuição de chuvas médias



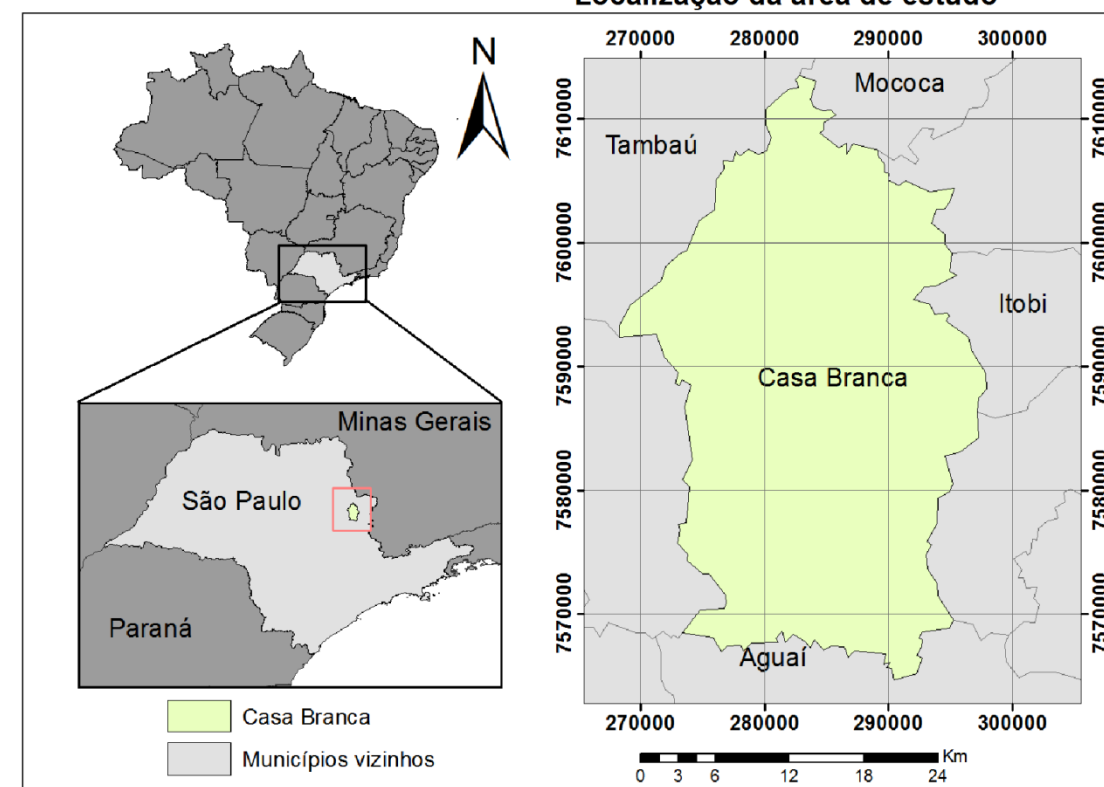
Legenda

- Limite municipal de Casa Branca
- Área urbana
- Postos pluviométricos

Intervalos de precipitação (mm)



Localização da área de estudo



Escala de representação: 1:250.000



Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"

APÊNDICE 4 - Mapa de distribuição de chuvas médias

Projeção UTM

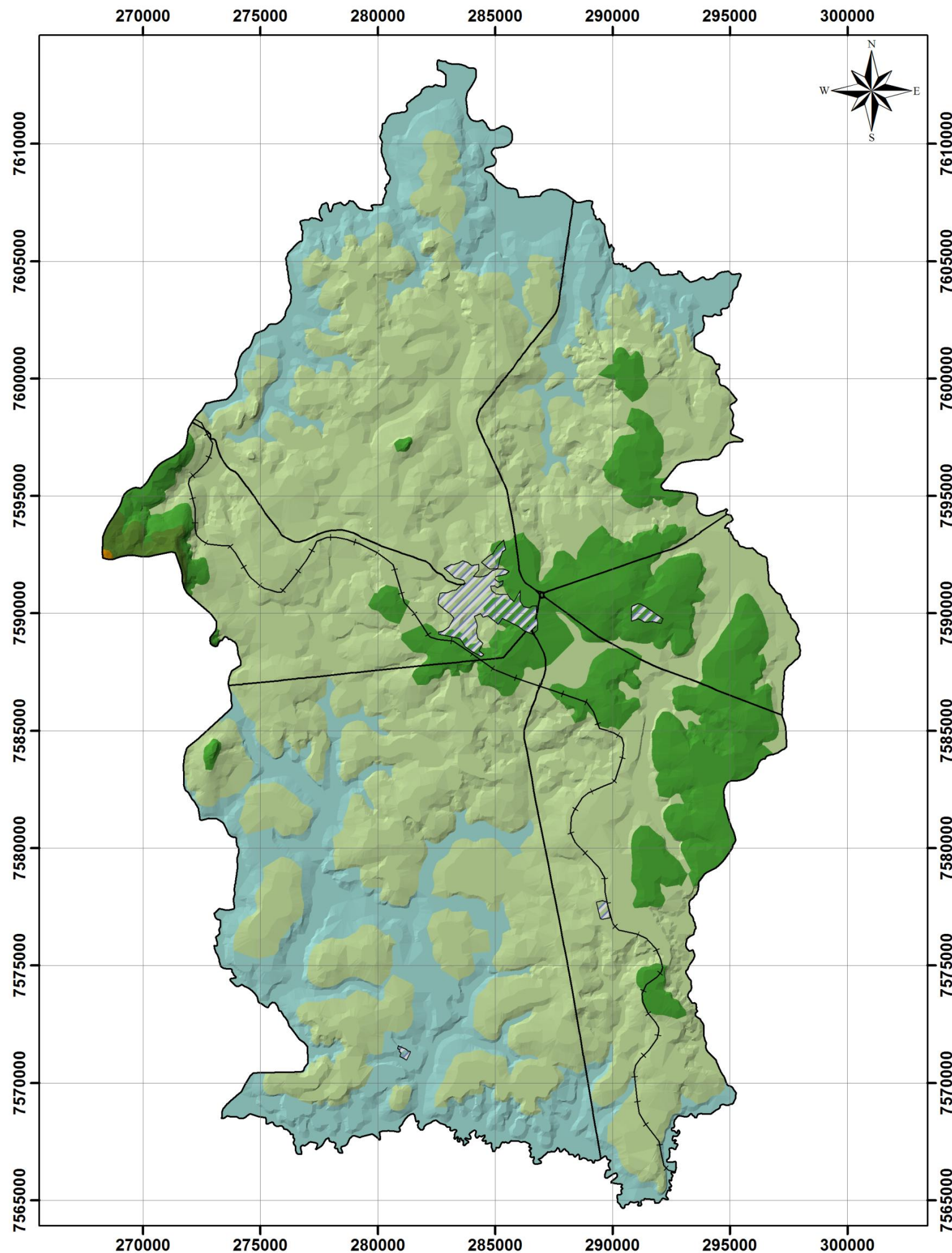
Datum horizontal: WGS 1984

Fuso 23, hemisfério Sul

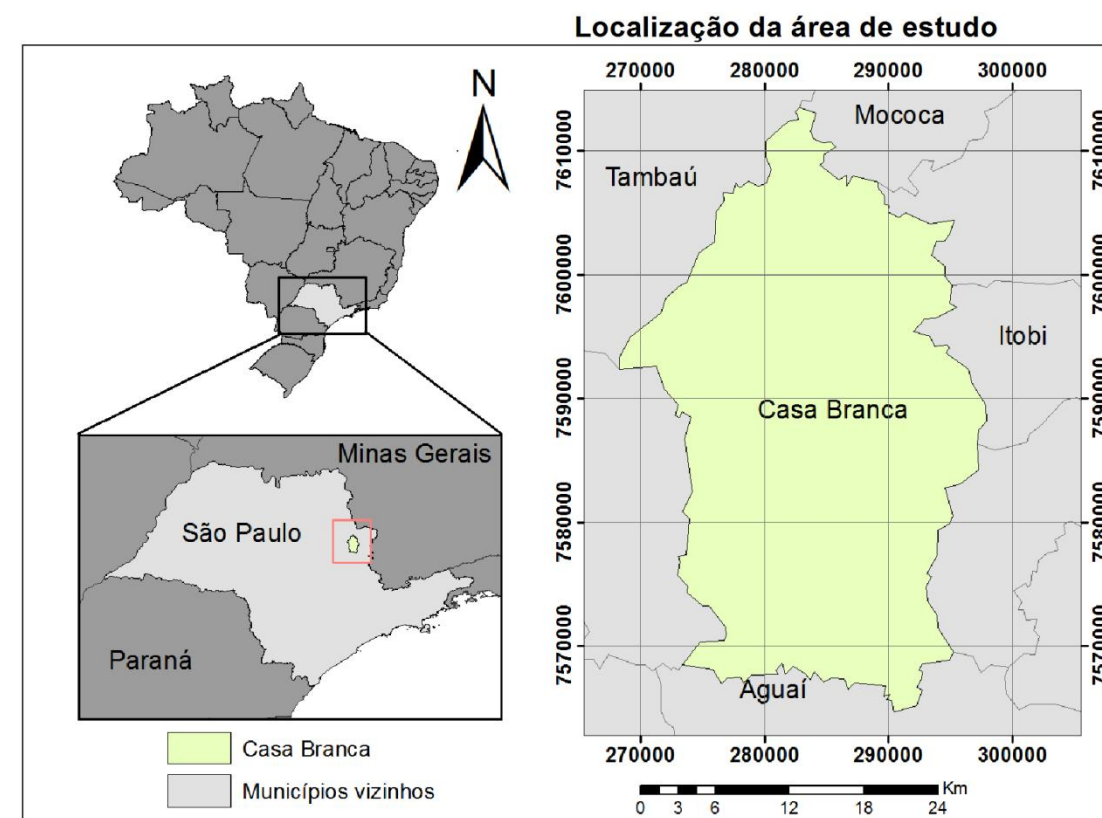
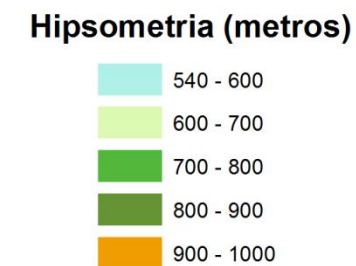
Fonte: CEPAGRI (2013)

Apoio:

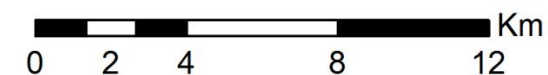
APÊNDICE 5 – Mapa hipsométrico



- Legenda**
- Limite municipal de Casa Branca
 - Área urbana
 - Ferrovia
 - Rodovias



Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:200.000



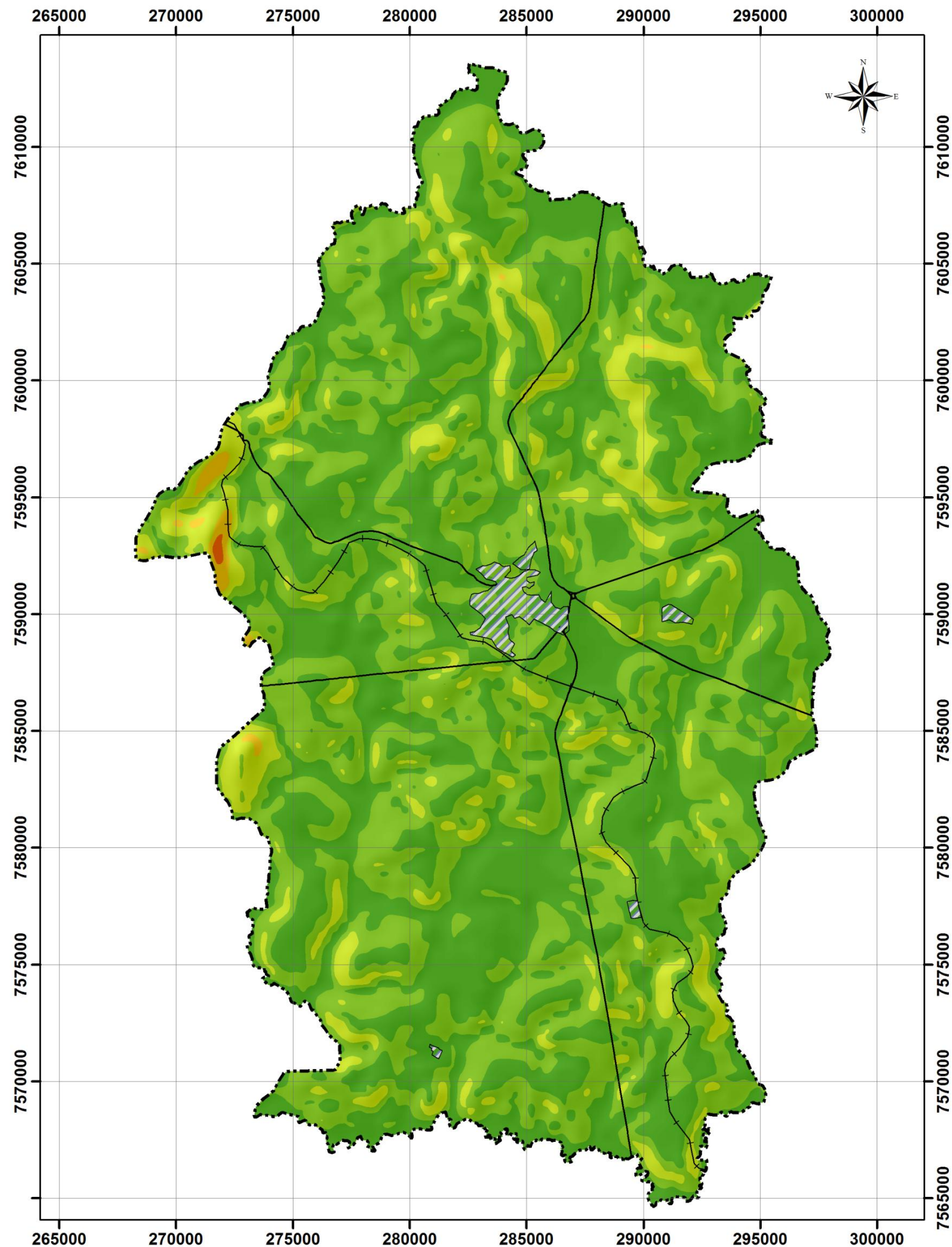
Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em
Geociências e Meio Ambiente

**"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE
CASA BRANCA (SP)"**

APÊNDICE 5 - Mapa hipsométrico

Projeção UTM Apoio:
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IBGE (1972a, b e c);
IBGE (1969).

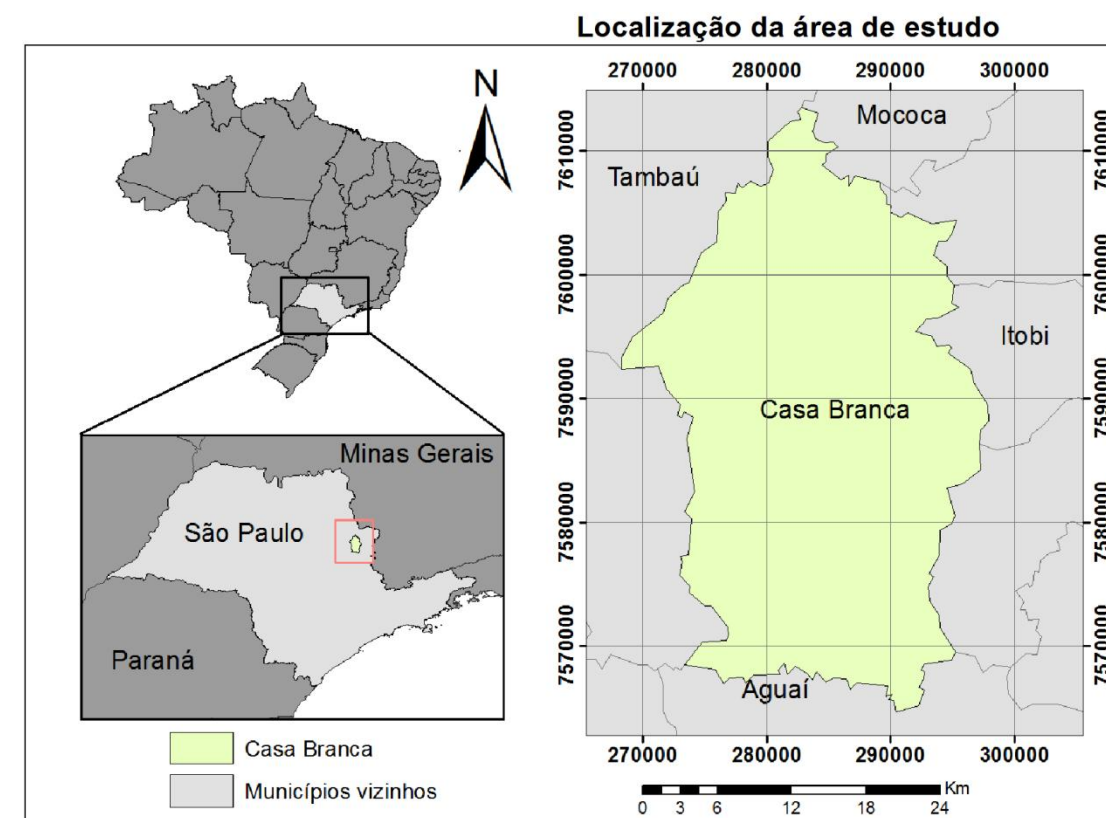
APÊNDICE 6 – Mapa de declividade



- Legenda**
- Limite municipal de Casa Branca
 - Área urbana
 - Ferrovia
 - Rodovias

- Declividade (%)**
- 0 - 3
 - 3 - 6
 - 6 - 12
 - 12 - 20
 - 20 - 30
 - > 30

Fonte: Lepsch et al. (1991),
Ross (1995) e De Biase (1970).



Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:200.000

0 2 4 8 12 Km

Unesp - IGCE/ Programa de Pós-Graduação em
Geociências e Meio Ambiente

**"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE
CASA BRANCA (SP)"**

APÊNDICE 6 - Mapa de declividade

Projeção UTM
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IBGE (1972a, b e c);
IBGE (1969).

Apoio:

APÊNDICE 7 – Relação de pontos classificados em campo

Ponto	Coordenadas UTM		Altitude (metros)	Unidade fisiográfica	Uso e cobertura da terra	Classificado corretamente	Proporção de pontos classificados corretamente a cada 10 amostras
	X	Y					
1	288349	7607515	580	Unidade I	Floresta	sim	0,9
2	287656	7606145	581	Unidade III	Cultura temporária (capim)	sim	
3	286656	7605760	589	Unidade III	Floresta	sim	
4	285322	7605440	585	Unidade I	Floresta	sim	
5	285177	7605390	596	Unidade III	Cultura temporária (capim)	sim	
6	283728	7604838	603	Unidade V	Cultura temporária (capim)	sim	
7	283540	7604676	554	Unidade V	Floresta	sim	
8	283069	7604852	629	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
9	283241	7602702	636	Unidade II	Pastagem	NÃO	
10	283523	7602621	629	Unidade I	floresta	sim	
11	283941	7602409	666	Unidade V	Floresta	sim	0,9
12	284824	7599432	688	Unidade III	Cultura temporária (capim)	sim	
13	284367	7597629	697	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
14	284741	7596805	705	Unidade IV	Cultura temporária (milho)	sim	
15	285154	7595893	701	Unidade III	floresta	sim	
16	286022	7591547	757	Unidade IV	floresta	sim	
17	286669	7586386	722	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	NÃO	
18	286857	7586268		Unidade IV	Cultura temporária	sim	
19	286306	7585406	687	Unidade I	Cultura temporária (cana)	sim	
20	286323	7584112	657	Unidade III	Cultura permanente (laranja)	sim	
21	286762	7581707	648	Unidade IV	Silvicultura	NÃO	0,76
22	288650	7571369	664	Unidade II	Cultura permanente (laranja)	sim	
23	288800	7571407		Unidade IV	Silvicultura	NÃO	
24	289344	7567291	620	Unidade IV	mata ciliar	sim	

25	284275	7592252	705	Unidade IV	Cultura temporária (girassól)	sim	
26	284223	7592010	665	Unidade II	Floresta	NÃO	
27	284467	7592106	703	Unidade II	Silvicultura	NÃO	
28	285404	7593177	713	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
29	286015	7593820	724	Unidade IV	Mineração	NÃO	
30	286418	7593958	705	Unidade IV	floresta	sim	
31	285400	7591279	706	Unidade II	floresta	sim	0,77
32	285491	7588746	753	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
33	278799	7587446	674	Unidade IV	Cultura temporária (girassól)	sim	
34	275831	7587329	679	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
35	279023	7586829		Unidade IV	Cultura temporária (cana)	NÃO	
36	278774	7586496	650	Unidade IV	Cultura permanente (abacate)	sim	
37	283312	7587769	733	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
38	283382	7586927	715	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	NÃO	
39	288030	7577968	692	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
40	290360	7577874	700	Unidade IV	mata ciliar	sim	
41	286647	7576273	678	Unidade IV	Cultura permanente (seringueira)	sim	0,82
42	283868	7574692	637	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
43	281660	7573400	628	Unidade IV	Cultura permanente (café)	sim	
44	280440	7570474	643	Unidade IV	Cultura temporária (milho)	sim	
45	285879	7588292		Unidade IV	Cultura temporária (soja)	sim	
46	275863	7586896		Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
47	279237	7586574		Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
48	286781	7601692	624	Unidade III	Cultura temporária (milho)	sim	
49	288171	7606084	522	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
50	288452	7605289	578	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	

51	289517	7604723	609	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	0,8
52	289144	76047160	600	Unidade III	Cultura permanente (laranja)	sim	
53	289134	7603797		Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
54	289546	7604600	591	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
55	289284	7604107	608	Unidade III	Cultura temporária (cana)	NÃO	
56	288901	7603468		Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
57	289069	7603572	592	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
58	290177	7603258	603	Unidade III	Cultura permanente (laranja)	NÃO	
59	290303	7602026	602	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
60	291200	7604036	568	Unidade VI	Pastagem	NÃO	
61	291456	7603446	595	Unidade VI	Cultura temporária (cana)	sim	0,8
62	290376	7591968	739	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
63	288718	7591399	732	Unidade IV	Silvicultura	NÃO	
64	282733	7591557	655	Unidade I	Pastagem	NÃO	
65	281652	7592316	662	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
66	280507	7592702	689	Unidade V	Cultura temporária (milho/soja)	sim	
67	276223	7593076	681	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
68	274158	7593557	713	Unidade IV	Cultura temporária (soja)	sim	
69	281399	7586853	716	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
70	281613	7586737	716	Unidade IV	Cultura temporária (soja)	sim	
71	280913	7585802		Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	0,8
72	281130	7585781		Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
73	281506	7584181	666	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
74	282014	7584303		Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
75	283180	7587233	704	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	

76	283644	7584087	622	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	NÃO	
77	283370	7582331	675	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	NÃO	
78	283339	7580326	619	Unidade I	Cultura temporária (milho)	sim	
79	282675	7577504	638	Unidade III	Cultura permanente (laranja)	sim	
80	282507	7577841	639	Unidade III	Cultura temporária (milho)	sim	
81	292783	7587240	676	Unidade III	Cultura permanente (laranja)	NÃO	0,8
82	294299	7586569	748	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
83	294485	7586898	748	Unidade IV	Cultura temporária (milho)	sim	
84	290576	7600201	735	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
85	292133	7600019	688	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
86	294262	7598241	696	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
87	293368	7600331	629	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim	
88	293233	7601166	631	Unidade VI	Cultura temporária (cana)	sim	
89	293004	7602090	615	Unidade VI	Pastagem	NÃO	
90	291860	7603151	579	Unidade VI	Cultura temporária (cana)	sim	
91	284377	7597348	622	Unidade III	Cultura temporária (milho/soja)	NÃO	0,8
92	283625	7597752	634	Unidade III	Cultura temporária (milho/soja)	NÃO	
93	284943	7601196	673	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
94	283369	7604488	620	Unidade V	Cultura temporária (milho)	sim	
95	283139	7604555	621	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	
96	283351	7602681	618	Unidade II	Floresta	sim	
97	281361	7601913	666	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
98	279872	7599322	675	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim	
99	280371	7595300	698	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim	
100	280133	7594092	672	Unidade V	Cultura temporária (cana)	sim	

101	290779	7587405	714	Unidade III	Cultura temporária (cana)	sim
102	290070	7587368	740	Unidade IV	Floresta	sim
103	290113	7585979	733	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim
104	290579	7584632	698	Unidade IV	Silvicultura	sim
105	279595	7580055	660	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim
106	281196	7579578	658	Unidade IV	Cultura temporária (milho)	sim
107	279588	7575641	640	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	NÃO
108	280540	7574477	602	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	NÃO
109	276462	7578180	608	Unidade IV	Cultura permanente (laranja)	sim
110	675478	7576720	616	Unidade IV	Cultura temporária (cana)	sim

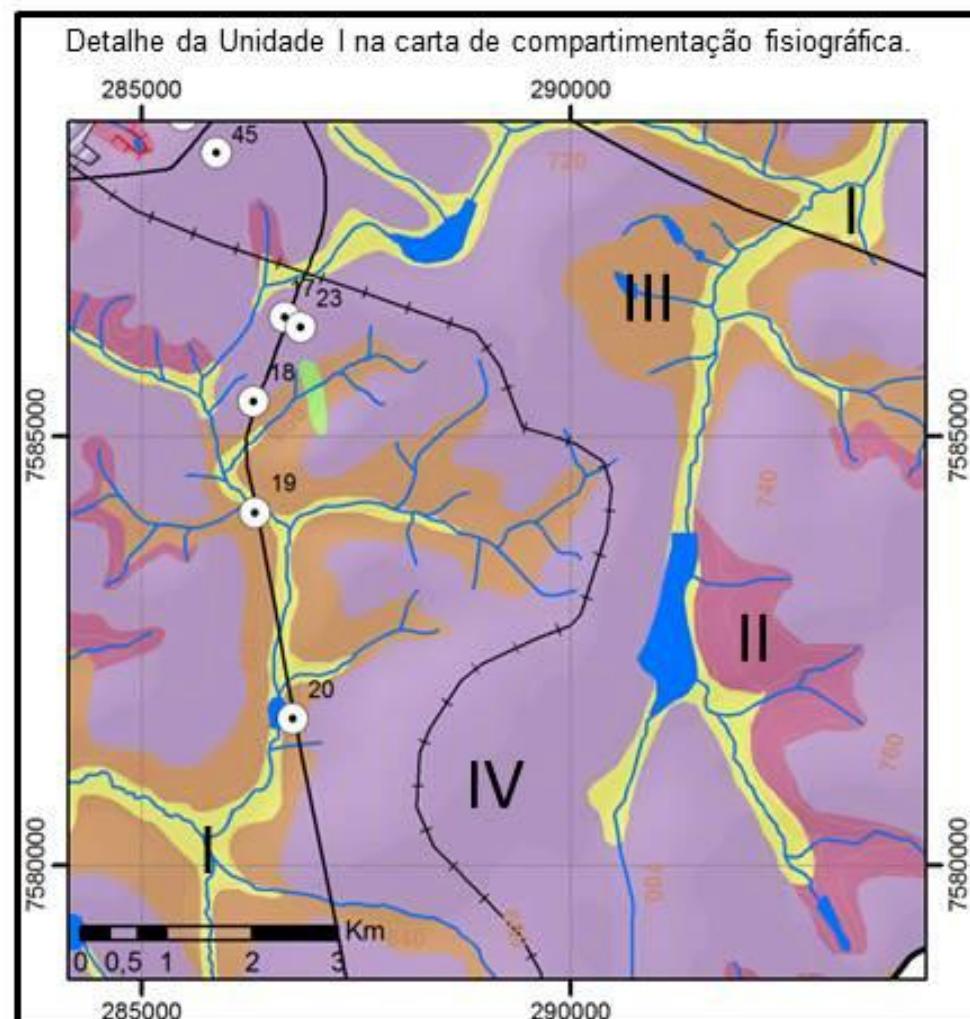
0,8

APÊNDICE 8 - Quadro de fotoanálise e fotointerpretação

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO										OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas											
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra	
																		Erosão linear (induzida)	Movimentos gravitacionais de massa			
I - Planície aluvionar	Sedimentos aluvionares	Depressão do Mogi-Guaçu (predominante)	Planícies Fluviais	Baixa	Baixa	Pequena	Baixa	-	-	-	Alta	Baixa	-	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	Inundação, assoreamento e solapamento das margens dos cursos d'água	Mata Ciliar; campo úmido; reservatórios	
II - Areias e cascalheiras em média encosta	Formação Piraçununga	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Baixa a Média	Baixa	Pequena	Baixa	-	Aberto	-	Média a Alta	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	Erosão linear; voçorocas	Culturas temporária e permanente; mata ciliar; área urbana	
III - Sub-Grupo Itararé em média/baixa encosta	Formação Itararé	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Média	Baixa	Pequena	Baixa	Convexa	Fechado Aberto	-	Alta a Média	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	-	Culturas temporária e permanente; silvicultura; floresta; pastagem	
IV - Areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas	Formação Piraçununga/ Itararé	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Baixa	Média	Pequena Média	Baixa	Côncava Convexa	Aberto	Arredondado Aplainado	Alta a Média	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo a intermediário	Espesso a intermediário	Baixa a média resistência	Ausente	Médio a alto	Baixo	-	Culturas temporária e permanente; silvicultura; floresta; pastagem	
V - Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas	Intrusões básicas (diabásio)	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros	Baixa	Baixa	Pequena/ Média	Média Alta	Convexa	Aberto	Arredondado / Aplainado	Média	Baixa a Média	Grande a Média	Intermediário/ Profundo	Espesso a intermediário	Baixa a média resistência	Presente (pontos localizados)	Médio a baixo	Médio a baixo	Queda/ rolamento de blocos em locais onde são expostos por ação antrópica	Culturas temporária e permanente, floresta	
VI - Granitos e migmatitos em relevo de colinas	Complexo migmatítico-granítico	Planalto Cristalino Atlântico	Colinas	Baixa	Baixa	Pequena	Baixa	Convexa/ Côncava	Aberto	Arredondado	Alta	Baixa	Grande	Profundo	Espesso	Baixa resistência	Presente	Médio a alto	Baixo	Queda/ rolamento de blocos; feições erosivas em pequena escala	Cultura temporária, pastagem e floresta	

APÊNDICE 9 – Pranchas descritivas das Unidades Fisiográficas

Prancha 1: Caracterização da Unidade Fisiográfica I – Planície Aluvionar



Meandros abandonados na Planície do Rio Pardo



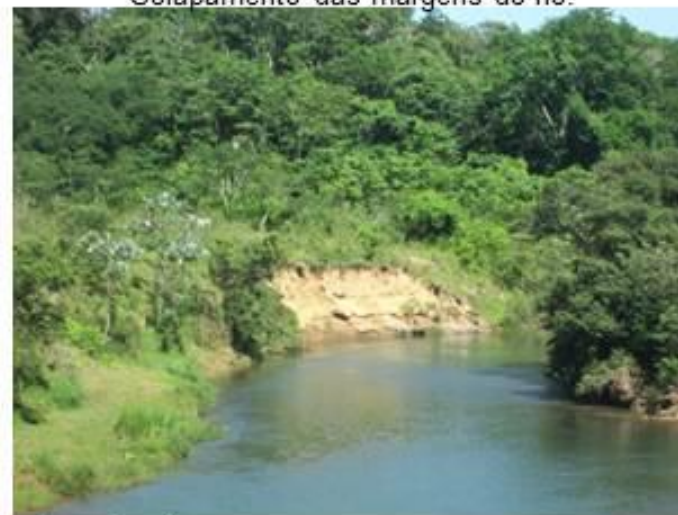
Coordenadas:
X: 287720 m E; Y: 7607085 m S

Processo erosivo na canalização do córrego;
Bambu para controle de erosão linear



Coordenadas:
X: 286323 m E; Y: 7584112 m S

Planície do Rio Pardo:
Solapamento das margens do rio.



Coordenadas:
X: 288349 m E; Y: 7607515 m S

Planície do Rio Jaguari-Mirim:
Ponte que liga Casa Branca a Aguai.



Coordenadas:
X: 289344 m E; Y: 7567291 m S

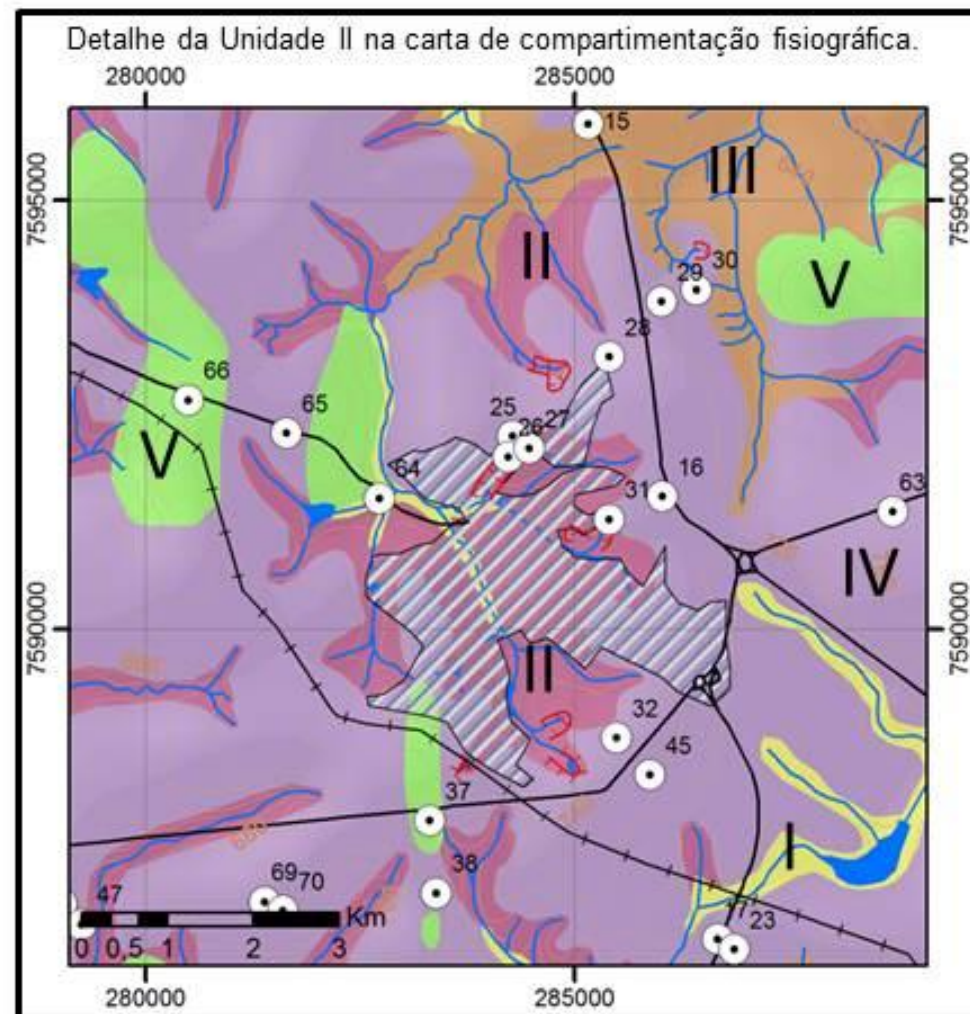
Planície do Rio Pardo:
Ponte que liga Casa Branca a Mococa.



Coordenadas:
X: 288349 m E; Y: 7607515 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO									OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas										
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
																		Erosão linear (Induzida)	Movimentos gravitacionais de massa		
I - Planície aluvionar	Sedimentos aluvionares	Depressão do Mogi-Guaçu (predominante)	Planícies Fluviais	Baixa	Baixa	Pequena	Baixa	-	-	-	Alta	Baixa	-	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	Inundação, assoreamento e solapamento das margens dos cursos d'água	Mata Ciliar; campo úmido; reservatórios

Prancha 2: Caracterização da Unidade Fisiográfica II - Areias e Cascalheiras em média encosta



Voçoroca já reflorestada, denotando maior estabilidade – cultura temporária ao fundo da foto.



Coordenadas:
X: 281361 m E; Y: 7601913 m S

Perfil de solo de voçoroca localizada próxima à área urbana – solo silto-arenoso, bem fino.



Coordenadas:
X: 284223 m E; Y: 7592010 m S

Voçoroca em estágio de desenvolvimento passando do perfil em V para o perfil em U/ proximidade da área urbana.



Coordenadas:
X: 284223 m E; Y: 7592010 m S

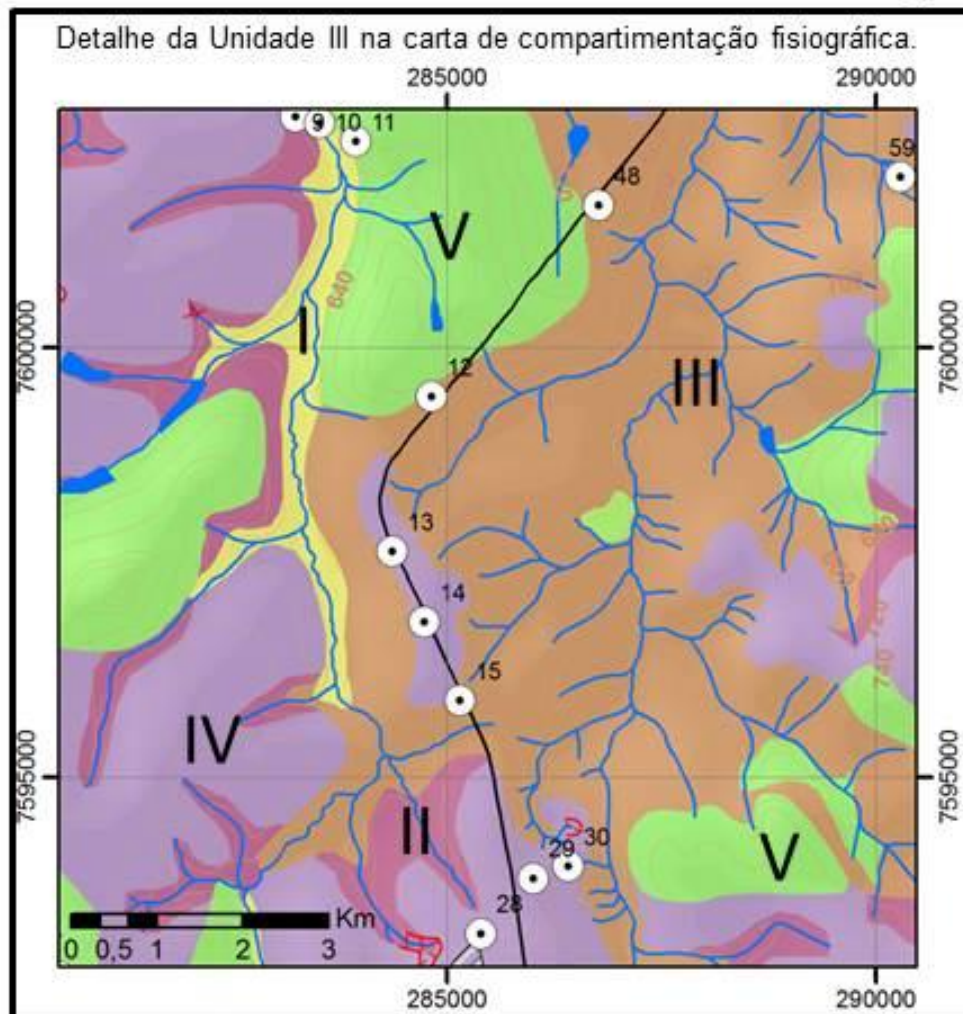
Feições residuais dos canais de ramificação da voçoroca.



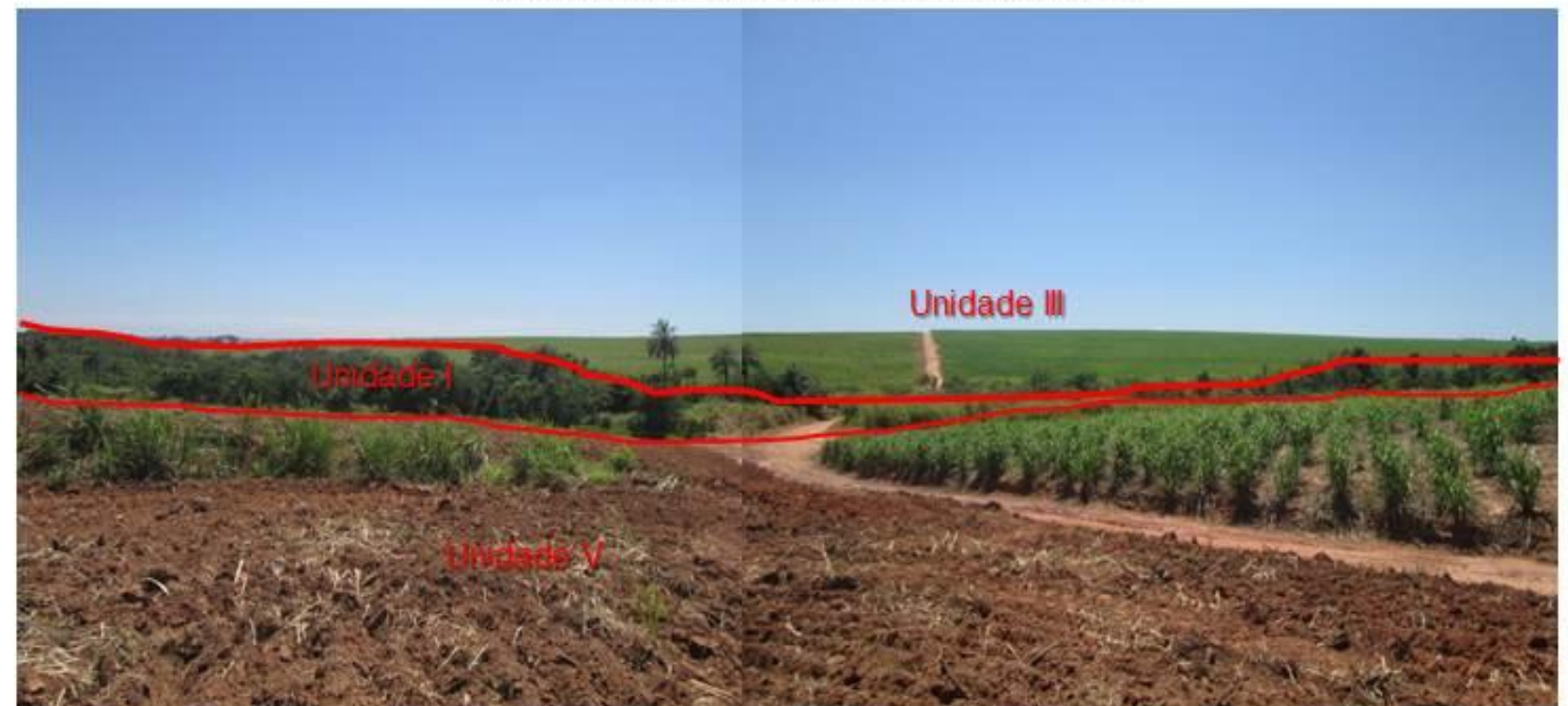
Coordenadas:
X: 284467 m E; Y: 7592106 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO										OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas											
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra	
Erosão linear (Induzida)	Movimentos gravitacionais de massa																					
II - Areias e cascalheiras em média encosta	Formação Pirapunguá	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Baixa a Média	Baixa	Pequena	Baixa	-	Aberto	-	Média a Alta	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	Erosão linear, voçorocas	Culturas temporária e permanente; mata ciliar; área urbana	

Prancha 3: Caracterização da Unidade Fisiográfica III - Sub-Grupo Itararé em média/baixa encosta



Vista da Unidade III ao fundo, com cultura temporária.



Coordenadas:
X: 283728 m E; Y: 7604838 m S

Fragmentos de material (colúvios).



Coordenadas:
X: 285177 m E; Y: 7605390 m S

Evidências de camadas coluvionares:
Presença de seixos de quartzo.



Coordenadas:
X: 285177 m E; Y: 7605390 m S

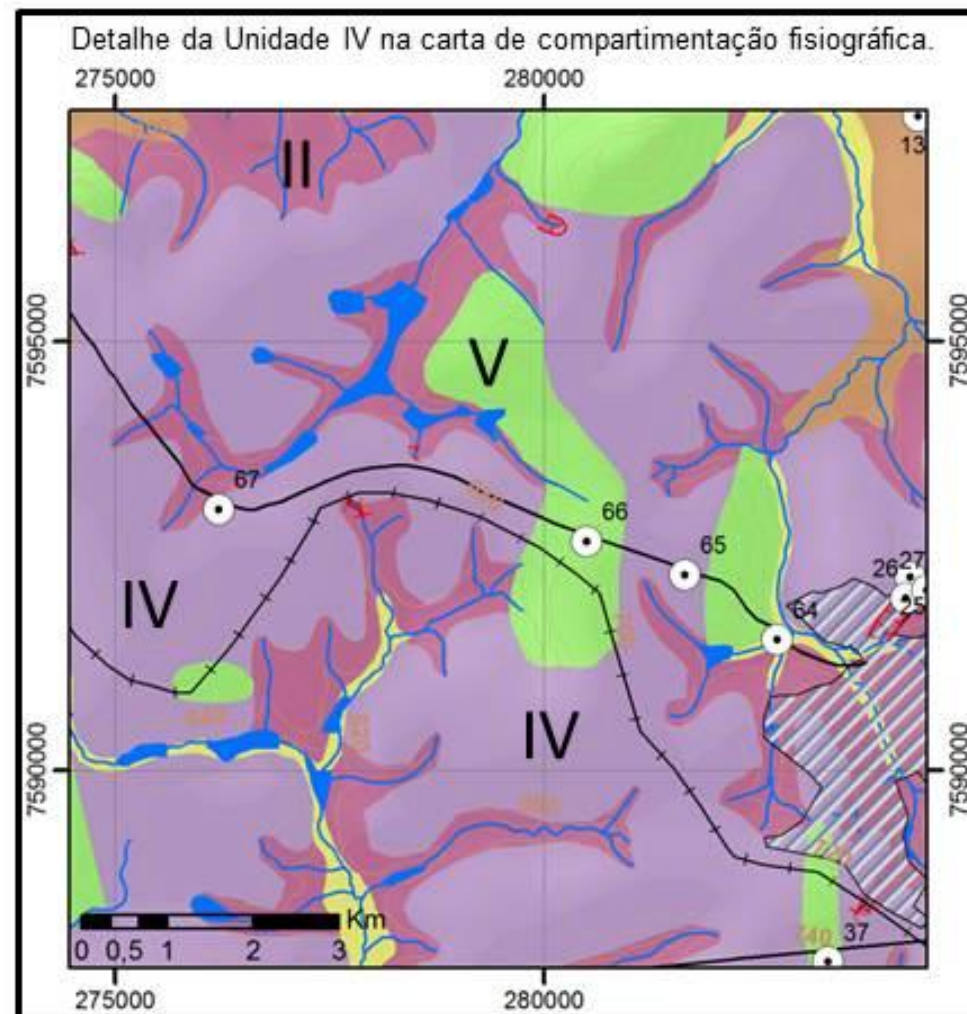
Solo argiloso;
Intercalação de areia siltosa.



Coordenadas:
X: 285154 m E; Y: 7595893 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO										OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas											
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra	
Erosão linear (induzida)	Movimentos gravitacionais de massa																					
III - Sub-Grupo Itararé em média/baixa encosta	Formação Itararé	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Média	Baixa	Pequena	Baixa	Convexa	Fechado Aberto	-	Alta a Média	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Ausente	Médio a alto	Baixo	-	Culturas temporária e permanente; silvicultura; floresta; pastagem	

Prancha 4: Caracterização da Unidade Fisiográfica IV - Areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas



Vista da Unidade IV – detalhe para a cultura temporária à direita (milho) e permanente à esquerda (laranja). Relevo bem suave.



Detalhe da encosta convexa na Unidade IV, com topo arredondado – pastagens e floresta



Solo de alteração da Form. Pirajununga - arenoso.



Coordenadas:
X: 286022 m E; Y: 7691547 m S

Detalhe do solo arenoso da Form. Pirajununga.



Coordenadas:
X: 285177 m E; Y: 7605390 m S

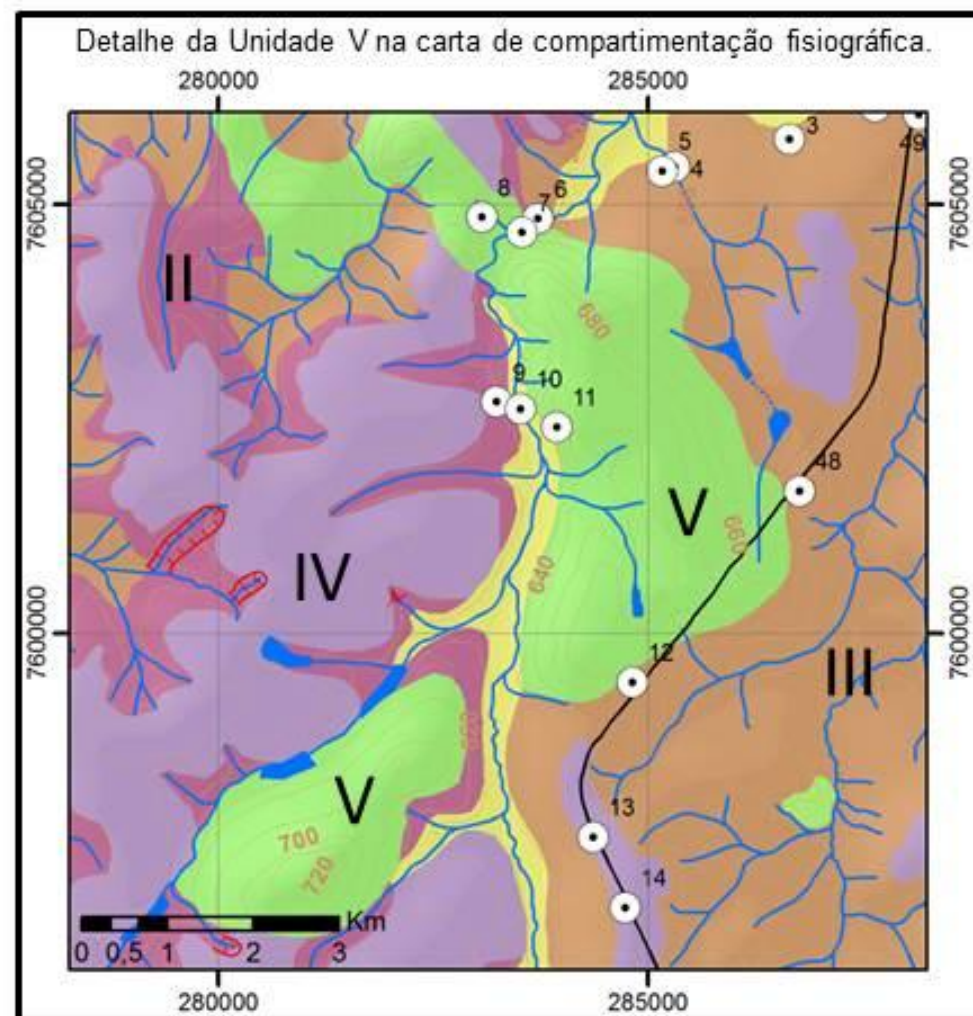
Solo de alteração da Form. Pirajununga.



Coordenadas:
X: 279872 m E; Y: 7599322 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTODANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO										OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas											
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra	
																		Erosão linear (induzida)	Movimentos gravitacionais de massa			
IV - Areias e cascalheiras em relevo de morros com encostas suavizadas	Formação Pirajununga/Itararé	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros, morrotes e colinas	Baixa	Média	Pequena Média	Baixa	Côncava Convexa	Aberto	Arredondado Aplainado	Alta a média	Baixa a Média	Grande a Média	Profundo a Intermediário	Espesso a Intermediário	Baixa a média resistência	Ausente	Médio a alto	Baixo	-	Culturas temporária e permanente; silvicultura; floresta; pastagem	

Prancha 5: Caracterização da Unidade Fisiográfica V - Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas

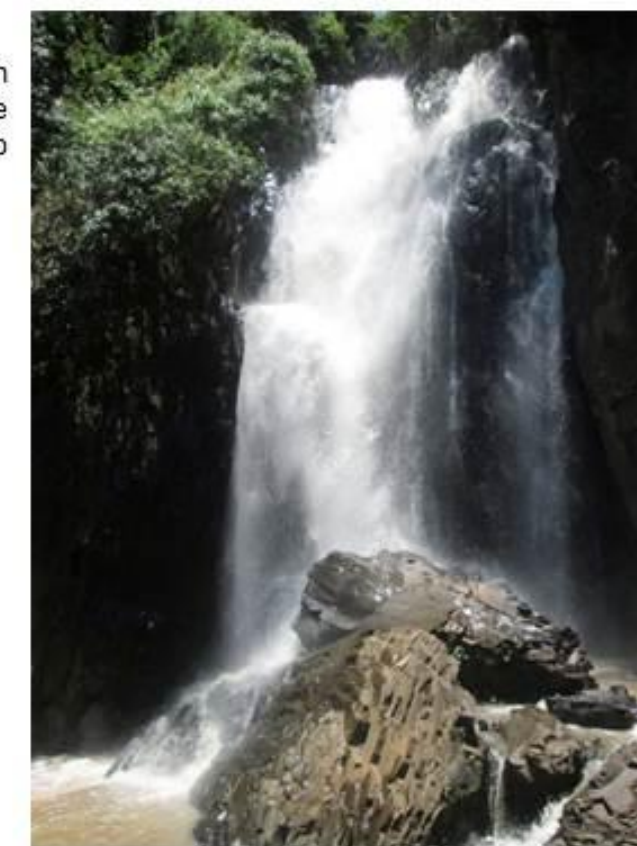


Vista da Unidade V ao fundo – correspondem às duas estruturas com maior declividade na área de estudo (cuesta), com cobertura de floresta



Coordenadas:
X: 274158 m E; Y: 7593557 m S

Cachoeira em diabásio; forte estruturação



Vestígios de hematita no solo, denotando



Coordenadas:
X: 290303 m E; Y: 7602026 m S

Solo de alteração do diabásio (acebolamento); presença de blocos rochosos, o que dificulta determinados usos



Coordenadas:
X: 283728 m E; Y: 7604838 m S

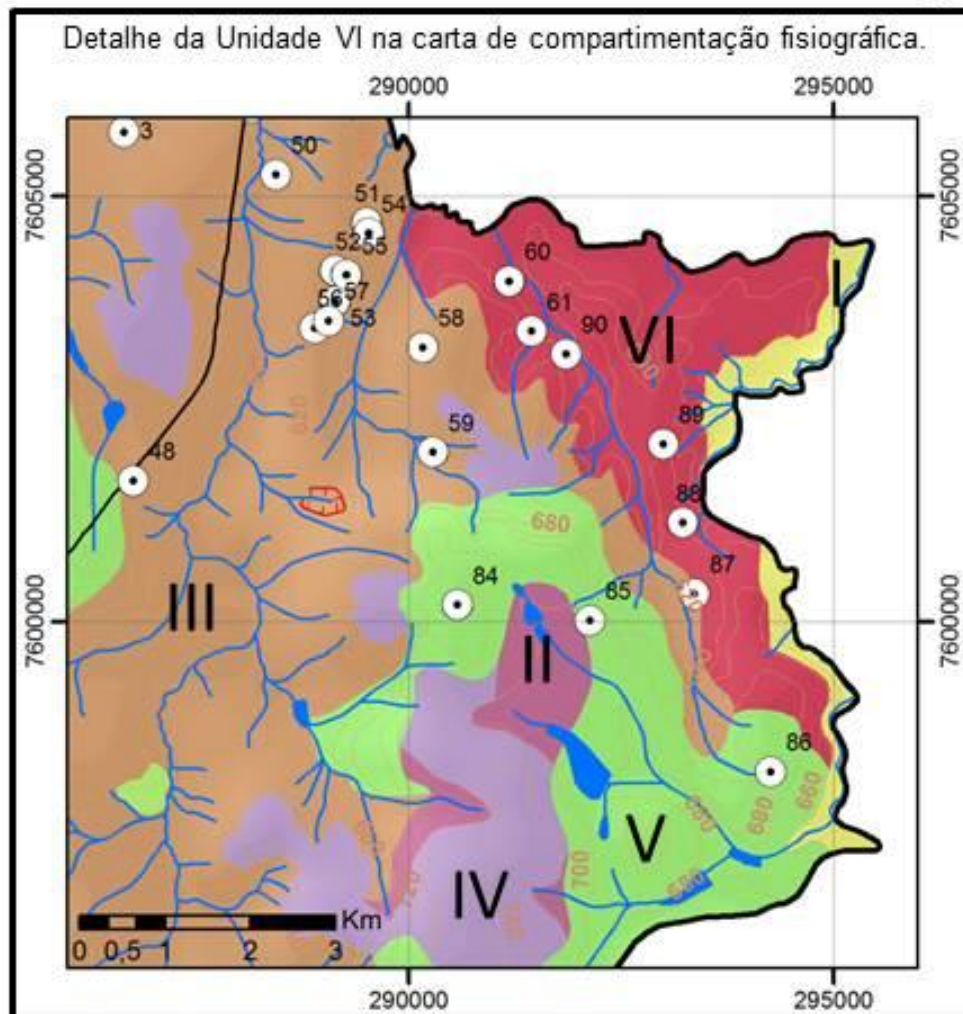
Solo de alteração do diabásio



Coordenadas:
X: 284824 m E; Y: 7599432 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO									OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas										
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura d terra
																		Erosão linear (Induzida)	Movimentos gravitacionais de massa		
V - Intrusões básicas em relevo de morros com encostas suavizadas	Intrusões básicas (diabásio)	Depressão do Mogi-Guaçu	Morros	Baixa	Baixa	Pequena/ Média	Média Alta	Convexa/	Aberto	Arredondado/ Aplainado	Média	Baixa a Média	Grande a Média	Intermediário/ Profundo	Espero a Intermediário	Baixa a média resistência	Presente (pontos localizados)	Médio a baixo	Médio a baixo	Queda/rolamento de blocos em locais onde são expostos por ação antrópica	Culturas temporária permanente floresta

Prancha 6: Caracterização da Unidade Fisiográfica VI - Granitos e migmatitos em relevo de colinas



Relevo da Unidade VI, com presença de blocos rochosos aflorantes, com cobertura de pastagem e floresta



Coordenadas:
X: 291200 m E; Y: 7604036 m S

Vista da Unidade VI e I (Planície do Rio Pardo) – pastagem na Unidade VI



Coordenadas:
X: 293004 m E; Y: 7602090 m S

Detalhe do migmatito granítico



Coordenadas:
X: 291200 m E; Y: 7604036 m S

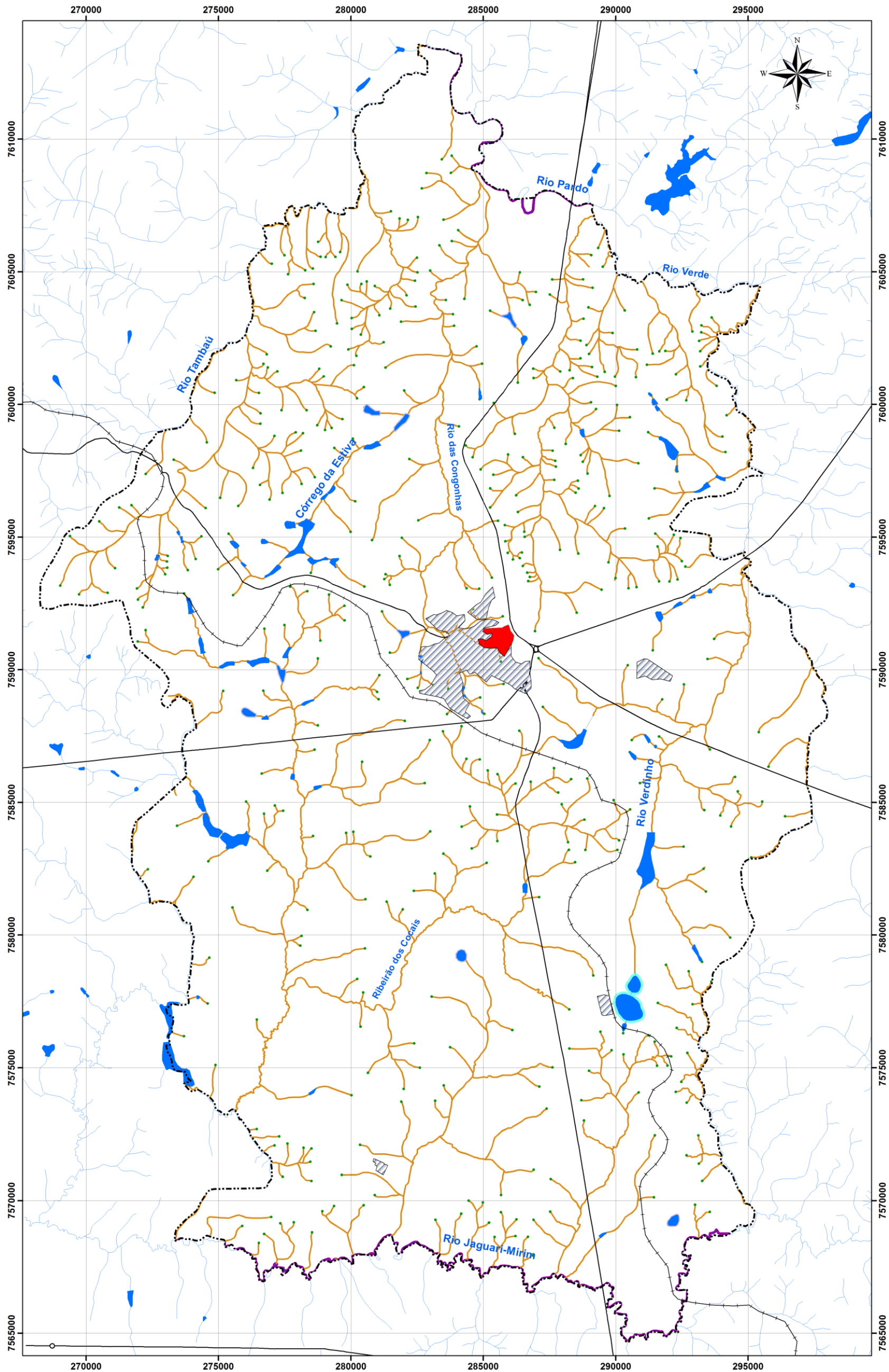
Blocos aflorantes - matacões



Coordenadas:
X: 293004 m E; Y: 7602090 m S

Unidade Fisiográfica	Geologia predominante	Geomorfologia		FOTOANÁLISE							FOTOINTERPRETAÇÃO										OBSERVAÇÕES DE CAMPO	
				Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas											
		Unidade morfoescultural	Modelado	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Forma das encostas	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Afloramento de blocos rochosos	Suscetibilidade		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra	
																		Erosão linear (induzida)	Movimentos gravitacionais de massa			
VI - Granitos e migmatitos em relevo de colinas	Complexo migmatítico-granítico	Planalto Cristalino Atlântico	Colinas	Baixa	Baixa	Pequena	Baixa	Convexa/Concava	Aberto	Arredondado	Alta	Baixa	Grande	Profundo	Espesso	Baixa resistência	Presente	Médio a alto	Baixo	Queda/rolamento de blocos; feições erosivas em pequena escala	Cultura temporária, pastagem e floresta	

APÊNDICE 10 – Mapa de localização das APPs

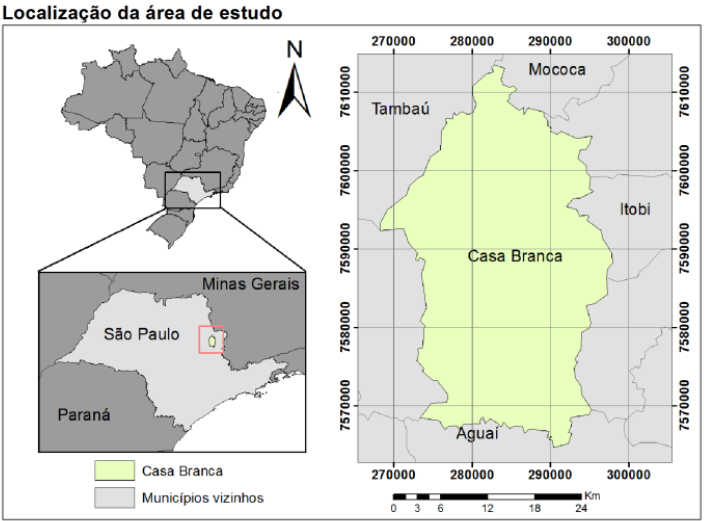


Legenda

- Limite municipal de Casa Branca
- Área urbana
- Ferrovia
- Rodovias
- Horto Florestal de Casa Branca
- Cursos d'água
- Represamentos

Áreas de Preservação Permanente

- APP de 50 metros (reservatório artificial < 20 ha)
- APP de 100 metros (reservatório artificial > 20 ha)
- APP de 50 metros (nascentes)
- APP de 30 metros (cursos d'água > 10 m de raio)
- APP de 50 metros (Rio Jaguari-Mirim e Rio Pardo)



Unesp - IGCE
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"

APÊNDICE 10 - Mapa de localização das APPs

Edição cartográfica:
Ana Maria C. do Amaral
Prof. Dr.Fábio Augusto G. V. Reis

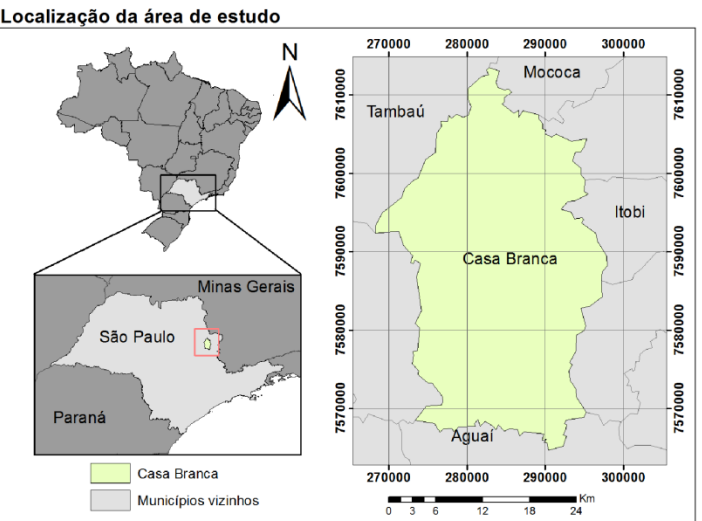
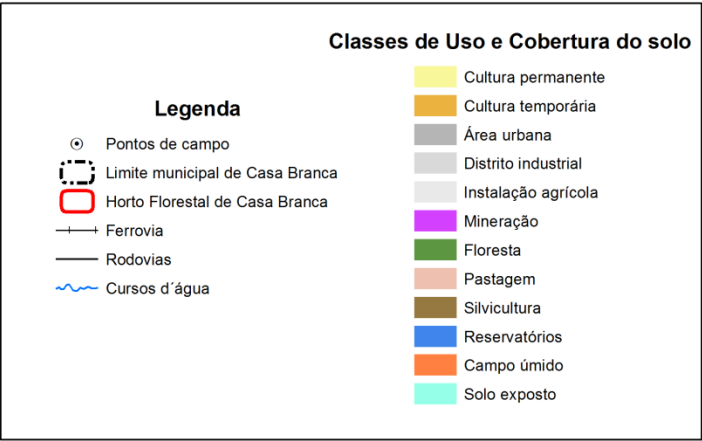
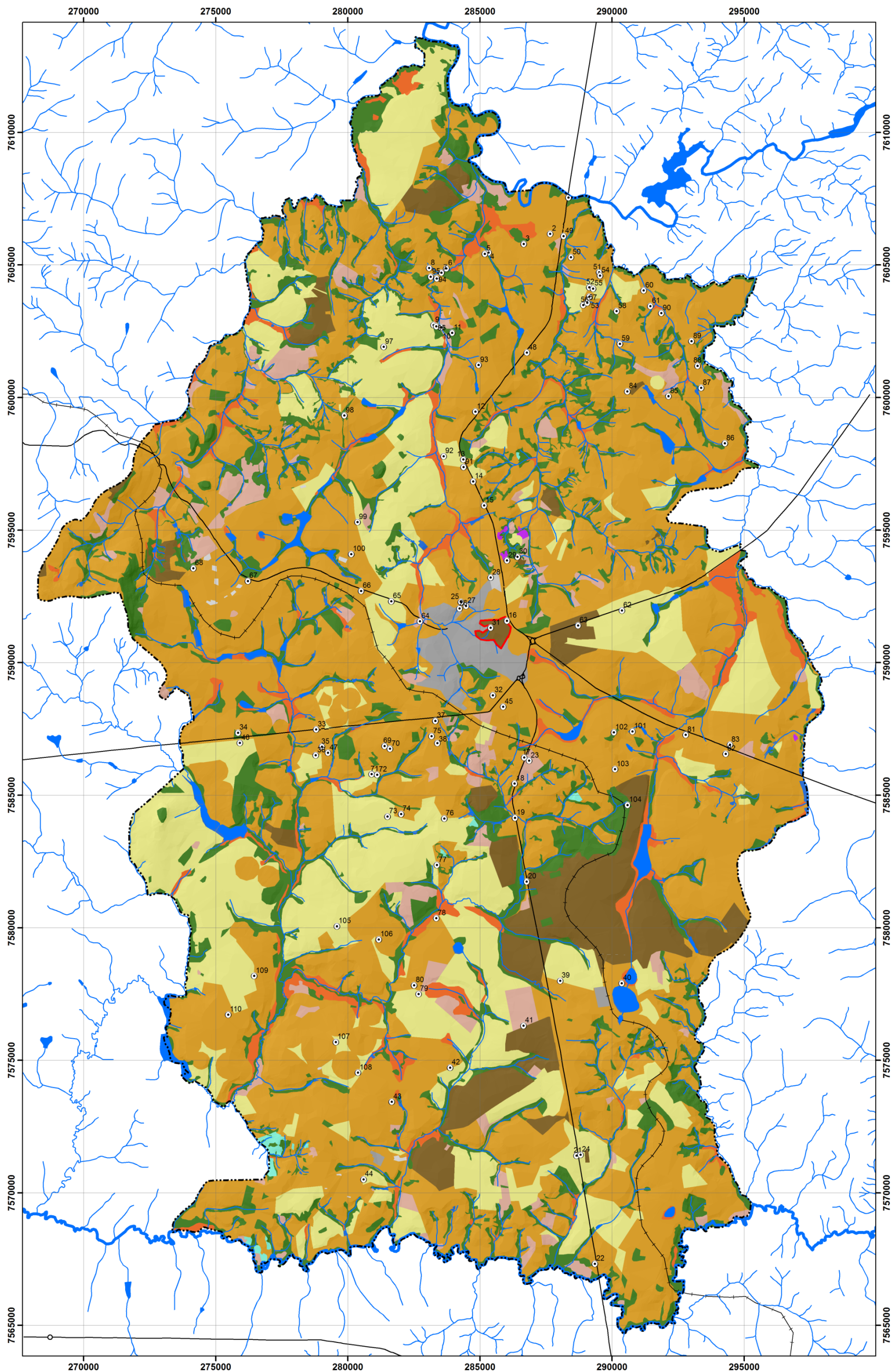
Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:100.000

Projeção UTM
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IBGE (1972a, b e c); IBGE (1969).

Apoio:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

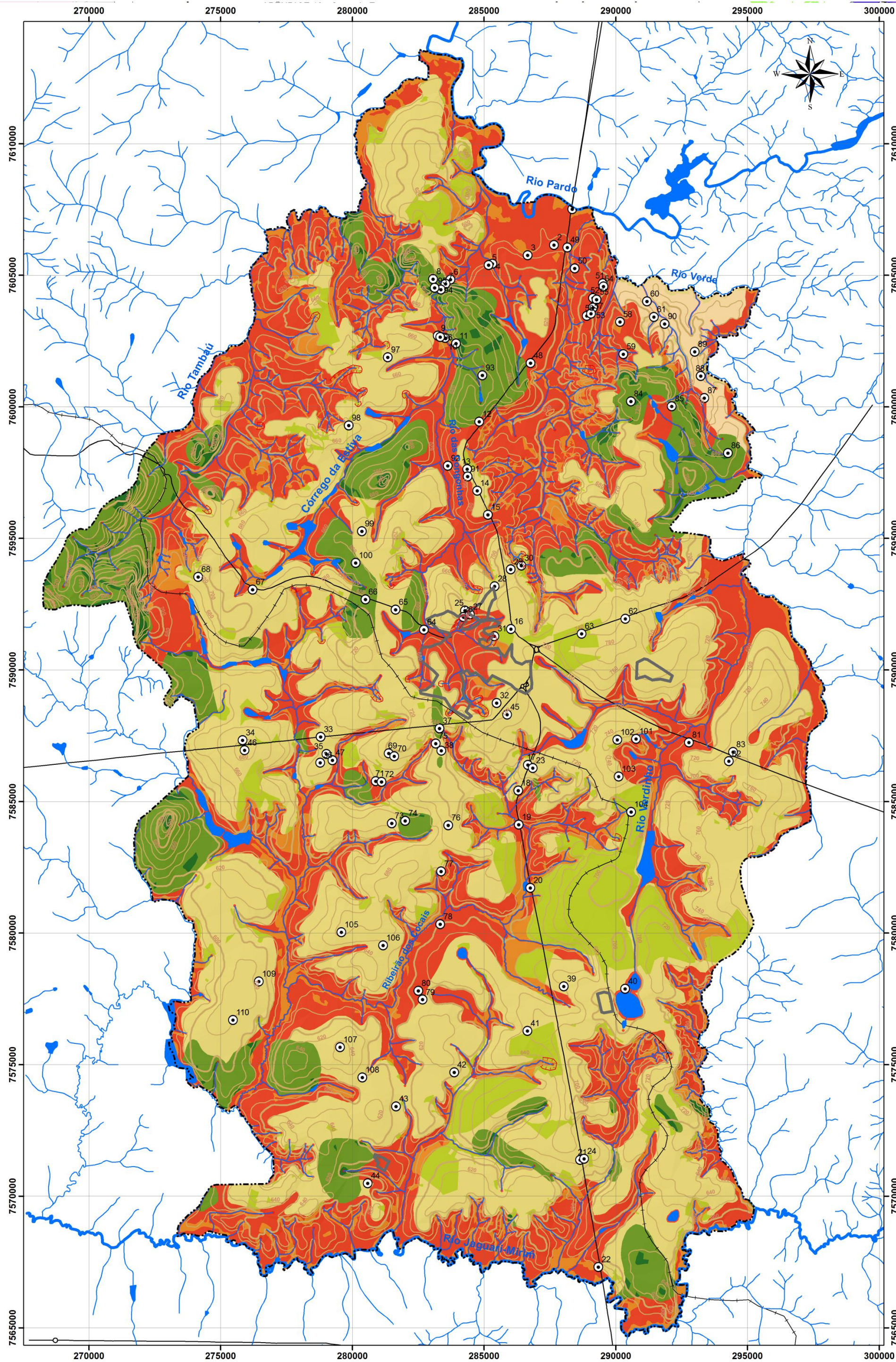
APÊNDICE 11 – Mapa de uso e cobertura da terra



 Unesp - IGCE Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente	
"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"	
APÊNDICE 11 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra	
Edição cartográfica: Ana Maria C. do Amaral Prof. Dr.Fábio Augusto G. V. Reis	Escala de mapeamento: 1:50.000 Escala de representação: 1:100.000 
Projeção UTM Datum horizontal: WGS 1984 Fuso 23, hemisfério Sul Fonte: IBGE (1972a, b e c); IBGE (1969).	Apoio:  Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

APÊNDICE 12 – Carta de Compartimentação Fisiográfica

APÊNDICE 13 – Carta de Zoneamento Geoambiental



Quadro das características das Unidades Geoambientais

Unidade Geoambiental	Principais Unidades Fisiográficas abrangidas	Principais Usos e Cobertura da Terra	Principais características	Limitações	Grau de suscetibilidade a ocorrência de processos do meio físico	Recomendações
A1	Unidade V	Floresta	Potencialidade baixa ou inexistente para a ocorrência de processos do meio físico	A supressão da vegetação aumentará a suscetibilidade dessas áreas	Baixo	Preservação da mata existente, por meio de legislação ou técnicas preservacionistas
A2	Unidade V	Culturas temporárias e permanentes	Potencialidade baixa ou inexistente para a ocorrência de processos do meio físico, propícia para expansão urbana; fácil mecanização agrícola em áreas com menores declividades e sem blocos rochosos	Médias a altas declividades dificultam a mecanização da agricultura, assim como a presença de blocos rochosos localizados	Baixo	Recomenda-se o manejo adequado e a rotação de culturas nas áreas agrícolas e estudos detalhados para a verificação de matações e blocos rochosos aflorantes que dificultam determinados usos
B1	Unidade IV	Floresta e Silvicultura	Potencialidade baixa ou inexistente para a ocorrência de processos do meio físico	A supressão da vegetação aumentará a suscetibilidade dessas áreas	Baixo	Preservação da mata existente, por meio de legislação ou técnicas preservacionistas
B2	Unidade IV	Culturas temporária e permanente; pastagem	Solo arenoso; média a alta potencialidade de ocorrência de processos do meio físico (erosão linear); propícia para a expansão urbana	O manejo inadequado das áreas agrícolas pode acelerar processos erosivos	Médio	Práticas conservacionistas devem ser adotadas para os processos de erosão linear; manejo adequado e a rotação de culturas nas áreas agrícolas
C	Unidade VI	Cultura temporária, pastagem e floresta	Ocorrência de blocos rochosos; difícil ocupação agrícola ou antrópica.	Presença de blocos rochosos localizados que podem dificultar a instalação de determinados usos	Médio	Estudos detalhados devem ser realizados para a verificação da presença de rochas aflorantes que dificultam a instalação de determinados usos
D1	Unidades I, II, III	Floresta	Solo arenoso; presença de voçorocas que foram cobertas por vegetação ao longo do tempo; potencialidade para a ocorrência de inundação e assoreamento	A supressão da vegetação aumentará a suscetibilidade dessas áreas	Alto	Preservação da mata existente e estudos para verificação da estabilidade de voçorocas existentes, assim como para contenção de assoreamento e inundação
D2	Unidades I, II, III	Culturas temporárias e permanentes; área urbana e florestas	Solo arenoso; alta potencialidade de ocorrência de processos do meio físico; não propícia para a expansão urbana, principalmente nas áreas de APP; presença de voçorocas; potencialidade para a ocorrência de inundação e assoreamento	O manejo inadequado das atividades agropecuárias pode acelerar processos erosivos; a supressão da vegetação no entorno dos rios pode aumentar a suscetibilidade dessas áreas	Alto	Recomenda-se estudos detalhados para a contenção de processos erosivos (voçorocas) e de assoreamento e inundação, principalmente próximo à área urbana; manejo adequado e a rotação de culturas nas áreas agrícolas

Legenda

Limite municipal de Casa Branca

Voçorocas

Área urbana

Pontos de campo

Cursos d'água

Represamentos

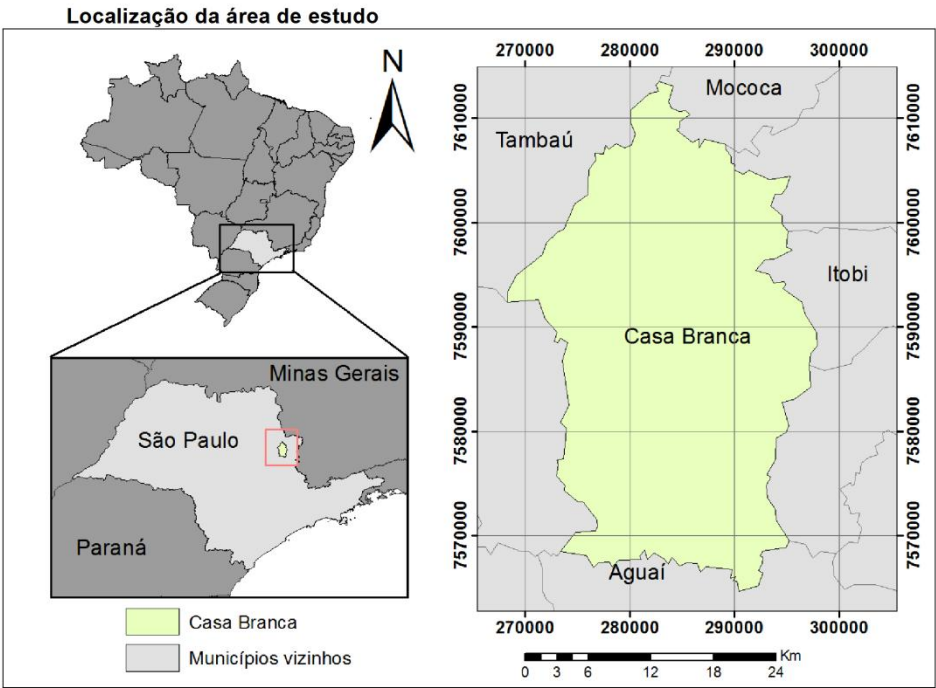
Ferrovia

Rodovias

Curvas de nível

Curvas intermediárias

Curvas mestras



Unesp - IGCE
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

"ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CASA BRANCA (SP)"

APÊNDICE 13 - Carta de Zoneamento Geoambiental

Edição cartográfica:
Ana Maria C. do Amaral
Prof. Dr. Fábio Augusto G. V. Reis

Escala de mapeamento: 1:50.000
Escala de representação: 1:100.000

Projeção UTM
Datum horizontal: WGS 1984
Fuso 23, hemisfério Sul
Fonte: IBGE (1972a, b e c); IBGE (1969).

Apoio:
 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico