

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL UTILIZANDO SISTEMA DE  
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: ÊNFASE NA ÁREA URBANA E DE EXPANSÃO  
URBANA DE FRANCA/SP

Adervaldo Guilherme Siqueira

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro (SP)

2015

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

ADERVALDO GUILHERME SIQUEIRA

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL UTILIZANDO  
SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: ÊNFASE NA  
ÁREA URBANA E DE EXPANSÃO URBANA DE  
FRANCA/SP

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

Rio Claro (SP)

2015

910.13 Siqueira, Adervaldo Guilherme  
S618a Análise da fragilidade ambiental utilizando Sistema de Informação Geográfica: ênfase na área urbana e de expansão urbana de Franca/SP / Adervaldo Guilherme Siqueira. - Rio Claro, 2015  
82 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Andréia Medinilha Pancher

1. Geografia urbana. 2. Geoprocessamento. 3. Análise multicritérios. 4. Meio ambiente. 5. Planejamento urbano. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

ADERVALDO GUILHERME SIQUEIRA

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL UTILIZANDO  
SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: ÊNFASE NA  
ÁREA URBANA E DE EXPANSÃO URBANA DE  
FRANCA/SP

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

*Comissão Examinadora*

\_\_\_\_\_ (orientador)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Rio Claro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

*Assinatura do(a) aluno(a)*

*assinatura do(a) orientador(a)*

*Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado condições para desenvolver este trabalho.*

*Agradeço aos professores, que com sua sabedoria muito contribuíram para a minha formação. Em especial, agradeço à Prof<sup>ta</sup> Dra. Andréia Medinilha Pancher pela paciência e disponibilidade, em todos os momentos.*

*Por fim, agradeço à minha esposa Rúbia, por todo amor, carinho e apoio, mesmo nos momentos mais difíceis, e a meus filhos Rafael e Leonardo, por terem dado um novo sentido à minha vida.*

*Bem-aventurado o servo que, sendo louvado e exaltado pelos homens, não se considera melhor do que quando é tido por insignificante, simplório e desprezível. Porque o homem vale o que é diante de Deus, e nada mais.*

*São Francisco de Assis*

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo fundamental realizar uma análise da fragilidade ambiental da área urbana e da área de expansão urbana do município de Franca/SP, localizado na porção Nordeste do estado de São Paulo. A área de estudo apresenta fragilidades ambientais emergentes originadas pela erodibilidade do solo, que associada ao uso da terra e à declividade do terreno, ficam marcadas pelos processos erosivos, tais como voçorocas, ravinas e solapamentos. Essas fragilidades foram mapeadas através do método de Análise Multicritérios, amplamente utilizado nas análises ambientais, realizadas em Sistemas de Informação Geográfica. Foram utilizadas as variáveis: pedologia, declividade e uso da terra, integradas através de média ponderada, na qual a influência de cada variável e os pesos de cada classe temática foram estabelecidos, considerando-se as características da área de estudo. O mapa pedológico e a carta de declividade foram elaborados a partir de mapeamentos já existentes, enquanto o mapa de uso da terra foi elaborado a partir de classificação digital de imagens de satélite de alta resolução. Levando-se em conta os impactos negativos causados nos recursos hídricos, foi realizado um recorte do mapa de uso da terra sobre as Áreas de Preservação Permanente no entorno das nascentes e das margens dos cursos d'água, tornando possível apontar as inadequações e, a partir delas, estabelecer critérios para melhoria da qualidade ambiental por microbacia hidrográfica. Para verificar a eficácia do mapa de fragilidade ambiental, a análise dos resultados foi realizada conjuntamente às informações dos processos erosivos, os quais foram espacializados através da interpretação da imagem do satélite Pleiades. As análises foram realizadas com base na legislação vigente (Lei nº 12.651/2012). Os documentos cartográficos resultantes podem servir de subsídios ao adequado planejamento urbano e ambiental, auxiliando na tomada de decisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoprocessamento, Fragilidade ambiental, Análise multicritérios.

## ABSTRACT

This study had as main objective to make an analysis of the environmental fragility of the urban area and the urban expansion area of the Franca/SP city, located in the northeastern portion of the São Paulo state. The study area presents emerging environmental weaknesses caused by soil erodibility, which associated with the use and land cover and slope, are marked by erosion processes, such as gullies and ravines. These weaknesses have been mapped through the Multicriteria Analysis method, widely used in environmental analyzes in GIS. The following variables were used: pedology, slope, use and land cover, integrated by weighted average, in which the influence of each variable and the weights of each thematic class were established, considering the characteristics of the study area. The soil map and the slope map were made from existing mappings, while the map of land use and occupation was designed from digital classification of high resolution satellite images. Considering the negative impacts on water resources, it was made a cut of map use and land cover of the Permanent Preservation Areas surrounding the springheads and on the banks of waterways, making it possible to point out the inadequacies and, from them, to establish criteria to improve environmental quality by watershed. To check the effectiveness of the environmental fragility map, the analysis of the results was carried out jointly to information from erosion, which were spatially through the interpretation of satellite imagery Pleiades. The analyzes were performed based on the current legislation (Law 12.651/2012). The resulting cartographic documents may provide support to appropriate urban and environmental planning, helping in decision making.

**KEYWORDS:** Geoprocessing, Environmental fragilities, Multicriteria Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.....	17
Figura 2: Localização da área de estudo no município de Franca.....	25
Figura 3: Perfil geológico da Formação Franca, município de Franca.....	29
Figura 4: Perfil esquemático EW da região de Franca e seções colunares representativas.....	31
Figura 5: Mapa geomorfológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	35
Figura 6: Classificação dos elementos de uma encosta, de acordo com a forma e os processos operantes.....	37
Figura 7: Perfil do relevo da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	38
Figura 8: Feições erosivas localizadas na área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	39
Figura 9: Climograma de Franca.....	41
Figura 10: Limites do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí-mirim/Grande.....	42
Figura 11: Hidrografia da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	43
Figura 12: Imagem utilizada para elaboração do mapa de uso da terra.....	52
Figura 13: Classes de solo, em porcentagem da área total.....	54
Figura 14: Mapa pedológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	55
Figura 15: Classes de declividade, em porcentagem da área total.....	56
Figura 16: Modelo Digital do Terreno da área urbana e expansão urbana de Franca.....	57
Figura 17: Mapa de declividade da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	58
Figura 18: Mapa de uso da terra da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	61
Figura 19: Classes de uso da terra, em porcentagem da área total.....	62
Figura 20: Mapa de fragilidades ambientais emergentes da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	63
Figura 21: Classes de fragilidade ambiental emergente (%).....	64
Figura 22: Classes geológicas, em porcentagem da área total.....	68
Figura 23: Mapa geológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	69
Figura 24: Classes de uso da terra nas APP hídricas (%).....	70
Figura 25: Mapa de uso da terra nas APP de nascentes e cursos d'água da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização dos tipos climáticos verificados no município de Franca, de acordo com a classificação climática de Köppen, segundo Setzer (1966).....	40
Tabela 2: Dados climáticos de Franca, período 1961-1990.....	40
Tabela 3: Produção do café, crescimento populacional e cobertura vegetal na Zona Mogiana.....	45
Tabela 4: Comparação entre produção do café e crescimento populacional.....	45
Tabela 5: Ramos industriais e principais municípios produtores da região de Franca, quanto ao pessoal ocupado.....	46
Tabela 6: Bandas espectrais das imagens do satélite Pleiades, e a respectiva resolução espacial.....	51
Tabela 7: Variáveis utilizadas no mapa de fragilidades ambientais emergentes, suas respectivas classes e pesos.....	53
Tabela 8: Classes de solo, em área ocupada.....	56
Tabela 9: Classes de declividade, em área ocupada.....	56
Tabela 10: Classes de uso da terra, em área ocupada.....	62
Tabela 11: Classes de fragilidade ambiental, em área ocupada.....	64
Tabela 12: Classes de ocorrências geológicas, em área ocupada.....	68
Tabela 13: Classes de uso da terra nas APP hídricas, em área ocupada.....	72

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
APP – Área de Preservação Permanente  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
EVTE – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
MNT – Modelo Numérico do Terreno  
PI – Plano de Informação  
Qdi – Coberturas Dentríticas Indiferenciadas  
RIMA – Relatório de Impacto do Meio Ambiente  
RL – Reserva legal  
SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SSW – Su-sudoeste  
TIN – *Triangular Irregular Network*  
UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivos gerais.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica.....	14
3.1.1 Análise multicritérios.....	16
3.2 Fragilidade ambiental.....	18
3.2.1 Fragilidade ambiental potencial.....	18
3.2.2 Fragilidade ambiental emergente.....	19
3.3 Legislação.....	21
3.3.1 Legislação ambiental.....	21
3.3.2 Legislação municipal.....	22
4. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.1 Geologia.....	26
4.1.1 Formação Piramboia.....	27
4.1.2 Formação Botucatu.....	27
4.1.3 Formação Serra Geral.....	28
4.1.4 Formação Franca.....	28
4.1.5 Coberturas sedimentares cenozoicas .....	30
4.2 Pedologia.....	32
4.3 Geomorfologia e processos erosivos.....	34
4.4 Clima.....	40
4.5 Hidrografia.....	41
4.6 Uso da terra.....	44
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
5.1 Material.....	48
5.2 Procedimentos metodológicos.....	49
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
8. REFERÊNCIAS.....	77

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o pensar a cidade está cada vez mais direcionado para as questões ambientais. As condições de degradação ambiental e o uso indiscriminado dos recursos naturais trouxeram à tona preocupações com a qualidade do meio em que vivemos e com a disponibilidade destes recursos para o futuro.

Nas últimas décadas, o crescimento acelerado da população e o êxodo rural, somado à falta de políticas de planejamento urbano, e consequentes usos inadequados do solo retratavam a realidade de muitos municípios brasileiros, dentre eles várias cidades médias paulistas.

De acordo com dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre o período de 1970 a 1980, a população de Franca passou de aproximadamente 93 mil habitantes para quase 149 mil habitantes, sendo a taxa média de crescimento populacional neste período de 4,9% ao ano (SEADE, 2015). A população urbana, que em 1970 era de 92,8%, passou a ser de 96,7% em 1980. Atualmente, segundo o IBGE, a população estimada é de aproximadamente de 342 mil habitantes, dos quais cerca de 98% vivem na área urbana<sup>1</sup>.

O crescimento populacional ocorreu concomitantemente ao crescimento industrial. Com vocação para a produção de calçados, Franca, neste período, já se destacava no cenário nacional, e a partir do início da década de 1970, o crescimento industrial foi alavancado pelo início das exportações. Segundo Gorini (2000), em meados da década de 1980, 35%<sup>2</sup> da produção de calçados era destinada ao mercado externo. Com a instalação de indústrias do setor, como curtumes, indústrias químicas e as indústrias de solados de borracha, o Arranjo Produtivo Local foi sendo consolidado. Em 2006, o polo industrial calçadista francano concentrava cerca de 750 empresas, o que representa aproximadamente 5% da produção nacional (CULTRI, 2006). Atualmente, concentra 467 indústrias de calçados e 265 prestadoras de serviços para as indústrias de calçados, representando 3% da exportação brasileira de calçados (em pares) e 9,16% da receita da produção brasileira de calçados (SINDIFRANCA, 2015).

O adensamento populacional e o crescimento industrial refletiram em problemas ambientais. De uma maneira geral, os principais problemas ambientais decorrentes desta inadequação do uso da terra estão relacionados, em um primeiro momento, à supressão das matas nativas (AB'SABER, 1968). Quando ocorrido nas cabeceiras de drenagem e ao longo

---

<sup>1</sup> Fonte: IBGE. Diretoria de Pesquisas – DPE – Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS.

<sup>2</sup> Em 1984, as exportações somaram 17 milhões de pares de calçados.

dos cursos d'água, o desmatamento pode ocasionar o assoreamento dos rios, perda da qualidade da água e até mesmo a extinção das nascentes por conta da diminuição da infiltração das águas pluviais. Quando ocorrido em encostas de declividades acentuadas, ou em áreas de solos frágeis expostos às intempéries, ocasiona alteração na dinâmica de escoamento superficial. As águas das chuvas, então, podem provocar ou acelerar os processos erosivos atuantes. Em um momento posterior, áreas próximas podem eventualmente ser tomadas pelas ocupações humanas, e estes problemas são potencializados. Com a carência de infraestruturas básicas como coleta e tratamento de esgotos, galerias de águas pluviais, coleta e deposição adequada de resíduos sólidos e fornecimento de água potável à população, os riscos relacionados à contaminação das águas e solos, inundações, escorregamentos, entre outros, passam a ser iminentes.

Diante deste cenário atual que convive, de um lado, com as heranças de um passado em que o planejamento nem sempre fazia parte do roteiro, e de outro lado, com um presente que as políticas de planejamento estão se consolidando, apesar de muitos entraves, a Análise Ambiental, através de técnicas de geoprocessamento se apresenta como uma alternativa metodológica: no diagnóstico ambiental, na criação de novas alternativas locacionais e adequações para os usos da terra, e na gestão e planejamento urbano e regional.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo fundamental desta pesquisa foi realizar a análise das áreas de fragilidade ambiental natural e de origem antrópica na área urbana e de expansão urbana do município de Franca/SP, com auxílio das técnicas de geoprocessamento. Através do conhecimento das características físicas da área onde está assentado o sítio urbano e o espaço destinado à área de expansão urbana, foram verificadas as adequações e/ou inadequações do uso da terra. A partir delas, é possível, por parte do poder público local, estabelecer metas para a manutenção ou melhoria da qualidade ambiental, ou seja, subsídios ao poder público local, no sentido da tomada de decisão e do planejamento urbano e ambiental.

### 2.2 Objetivos Específicos

Visando atingir o objetivo proposto, estão elencados, a seguir, os objetivos específicos.

- Conhecer as características da declividade da área de estudo, a fim de identificar as áreas mais frágeis ambientalmente;
- Identificar os tipos de uso da terra e os conflitos deles decorrentes;
- Identificar as características das ocorrências pedológicas e geológicas, associando-as aos processos erosivos;
- Associar a localização dos processos erosivos à curvatura do relevo (côncavo ou convexo);
- Conhecer as áreas de fragilidade ambiental, através da integração de dados físico-naturais e antrópicos.

Os documentos cartográficos e os apontamentos resultantes das análises espaciais servem para conhecer a realidade estudada, podendo auxiliar o planejamento urbano, orientando a tomada de decisões no que diz respeito a locais ambientalmente adequados aos usos, nas diversas atividades socioeconômicas, pautados no plano diretor municipal e na legislação ambiental vigente.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Geoprocessamento: ênfase nos Sistemas de Informações Geográficas

De acordo com Silva (1999), os fenômenos conhecidos da superfície terrestre podem ser descritos de três modos: espacial, temporal e temático. Quando a variação do fenômeno muda de um local para outro, pode-se considerá-lo como espacial. Quando esta variação muda com o decorrer do tempo, caracteriza-se um fenômeno temporal. E quando as variações são verificadas através de mudanças de características, considera-se um fenômeno temático. Estes três modos de observação dos fenômenos ocorridos na superfície terrestre são, coletivamente, chamados de dados espaciais.

Uma distinção conceitual entre dado e informação é feita por Teixeira e Christofolletti (1992). O dado “é um símbolo utilizado para a representação de fatos, conceitos ou instruções em forma convencional ou pré-estabelecida e apropriada para a comunicação, interpretação ou processamento por meios humanos ou automáticos”[...] (TEIXEIRA; CHRISTOFOLETTI, 1992, p. 10). Porém, os dados não têm significado próprio. Quanto à informação, “é definida como o significado que o ser humano atribui aos dados, utilizando-se de processos pré-estabelecidos para sua interpretação” (TEIXEIRA; CHRISTOFOLETTI, 1992, p. 10).

Com relação à peculiaridade dos dados espaciais, Silva (1999) afirma que os dados espaciais se distinguem dos demais por estarem relacionados a superfícies contínuas. Segundo o referido autor,

A definição apropriada para dados espaciais é que são elementos definidos pelas variáveis  $x$ ,  $y$  e  $z$ , possuem localização no espaço e estão relacionados a determinados Sistemas de Coordenadas [...], e que a eles podem estar associadas infinitas características ou atributos. Assim, a um determinado dado espacial podem estar relacionados, por exemplo, temperatura, tipo de rocha, solo, vegetação, porosidade, profundidade, ou seja, um número infinito de variáveis (SILVA, 1999, p. 30).

Para a compreensão dos dados e informações espaciais, bem como de sua distribuição na superfície terrestre, são necessárias técnicas de geoprocessamento. Segundo Câmara et al (2001, p. 1), “o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.

Moura (2004) afirma que, segundo a maioria dos autores desta área, o termo geoprocessamento faz referência ao processamento digital de imagens, à cartografia digital e aos sistemas de informação geográfica.

Câmara et al (2001) cita cinco tipos de dados em geoprocessamento: dados temáticos, dados cadastrais, redes, modelos numéricos do terreno e imagens. Os dados temáticos dizem respeito à distribuição espacial de uma grandeza geográfica, como por exemplo, os mapas de vegetação ou de uso da terra. Os dados cadastrais se diferenciam dos dados temáticos porque cada um dos seus elementos é um objeto geográfico, possui atributos. Os mapas de cadastro urbano e rural são exemplos de dados cadastrais. Nos dados em redes, cada objeto geográfico possui uma localização exata, e está sempre associado a atributos descritivos, como as redes de drenagem, rodovias, redes de esgoto ou telefonia. Suas informações gráficas são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó, que denota fluxo.

Já os dados MNT (Modelo Numérico do Terreno) se referem à representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço geográfico. O MNT é um modelo matemático que busca reproduzir um recorte da superfície terrestre, baseado em algoritmos e em um conjunto de pontos  $x$ ,  $y$  com atributos de  $z$ , contendo informações sobre a variação contínua da superfície. O MNT é comumente utilizado em altimetria, para gerar representações topográficas.

Por fim, os dados extraídos das imagens de satélites ou fotografias aéreas são formas de captura indireta da informação espacial, convertidos na forma de dados matriciais.

Para Xavier-da-Silva et al. (2007), para a realização de análise ambiental, devido a manipulação de grande quantidade de dados, somada à necessidade georreferenciamento para

maior exatidão dos resultados pretendidos, faz-se necessária a utilização de *softwares* específicos para geoprocessamento, ou seja, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Existem várias definições para o termo SIG. Mas, segundo Silva (1999) todas elas têm pontos comuns que permitem elaborar uma definição mais completa. De acordo com este autor,

[...] os SIGs necessitam usar meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar geo-referenciados [sic] e com controle de erro; devem conter funções de análise destes dados que variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas) (SILVA, 1999, p. 45).

Rosa e Ross (1999) destacam a importância do cruzamento de temas (*overlay*) nas análises desenvolvidas em ambiente SIG por permitir que informações de temas distintos sejam cruzados, gerando um produto cartográfico que revela novas relações espaciais.

Os SIGs permitem, no universo da representação cartográfica, que os dados sejam inseridos, armazenados, visualizados e analisados, qualitativa e quantitativamente. Sendo assim, os ambientes naturais e antrópicos, complementados por atributos socioeconômicos, são medidos e representados nos níveis do planejamento urbano e regional.

### 3.1.1 Análise Multicritérios: a importância para estudo de fragilidade ambiental

A Análise Multicritérios é uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes cenários, fundamentada em critérios múltiplos, com o objetivo de apoiar a tomada de decisão para uma escolha mais ponderada (Roy, 1996)<sup>3</sup>. Quando é aplicada à realização de estudos que caracterizem a realidade espacial de uma determinada área, e também na predição de cenários futuros, pode ser caracterizada como Metodologia Multicritério em Apoio à Decisão<sup>4</sup> (MOURA, 2007; FITZ, 2008).

A Análise Multicritério combina e transforma dados espaciais, e o mapeamento resultante serve de subsídio à tomada de decisão. Segundo Xavier-da-Silva et al (2007), para que um SIG seja uma ferramenta eficiente no suporte à tomada de decisões, algumas questões devem ser consideradas:

[...] as prioridades tem que ser estabelecidas previamente a partir de critérios claros e expressivos; os tomadores de decisão necessitam ter em mãos métodos de análise que permitam selecionar as alternativas mais apropriadas; mais de um participante deve estar envolvido nos processos de decisão (XAVIER-DA-SILVA et al, 2007, p. 191).

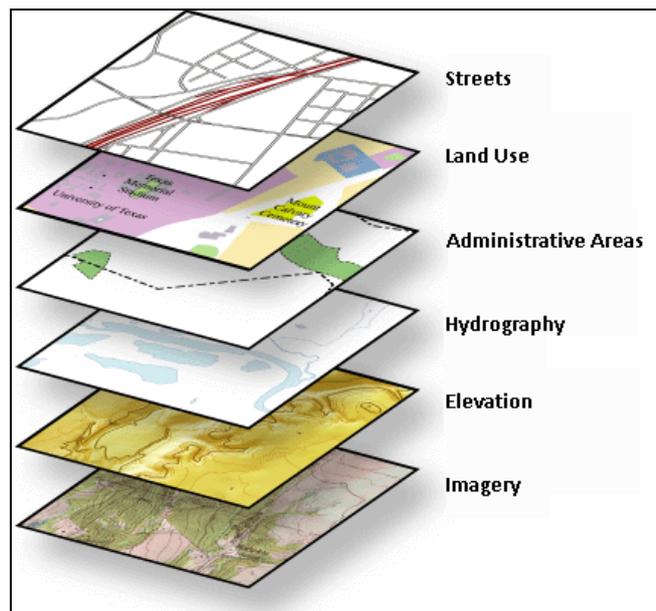
<sup>3</sup> Apud Corseuil (2007).

<sup>4</sup> *Multicriteria Decision Aid (MCDA)*.

A metodologia de Análise Multicritério é amplamente utilizada em SIG. Segundo Moura (2007), a Análise Multicritério é baseada na própria lógica básica da construção de um SIG, que é a

[...] representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas (MOURA, 2007, p. 2900).

O procedimento metodológico consiste no cruzamento de variáveis, mapeadas através dos planos de informação (PI), como por exemplo, tipos de solo, vegetação, hidrografia, uso da terra, etc., a depender das características específicas do recorte espacial (figura 1).



**Figura 1-**Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão.

**Fonte:** <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000r000000.htm>

A Média Ponderada é uma das técnicas mais utilizadas em análise multicritério. De acordo com Câmara e Monteiro et al (2001, p. 9), “neste método cada mapa de entrada será utilizado como uma evidência que receberá um peso diferente, dependendo da importância para com a hipótese sobre consideração”. A cada plano de informação é atribuída uma influência diferente (em %), assim como às classes da legenda de cada plano de informação são atribuídos pesos, estabelecendo-se uma hierarquia.

Para a aplicação do método, primeiramente é necessária a ponderação das classes de cada plano de informação, segundo a definição empírica de critérios de valoração (pesos). Em

seguida, os planos de informação ponderados são calculados através de uma soma ponderada, onde cada PI recebe pesos de acordo com sua importância relativa (CÂMARA et al, 2001).

O método da média ponderada, dentro da análise multicritério, permite certa flexibilidade na combinação de mapas. Segundo Câmara et al (2001, p. 10), “o mapa ponderado pode ser ajustado para refletir o julgamento de um especialista, segundo os pesos de importância definidos para cada critério”.

De uma maneira geral, a análise multicritério é aplicada no desenvolvimento de estudos caracterizadores da realidade vigente e preditivos de situações futuras. Tratando especificamente da primeira etapa, cujo objetivo é caracterizar a realidade, esta metodologia conduz à realização da espacialização das informações, permitindo o cálculo de suas extensões territoriais de ocorrências, além de identificar as alterações espaciais ao longo do tempo e verificar as combinações de variáveis que caracterizam determinado fenômeno espacial (MOURA, 2007).

### 3.2 Fragilidade ambiental

Ao fazer considerações sobre o termo fragilidades, compreende-se que, por outro lado, existam potencialidades. O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas, da hidrografia, do clima, da flora e fauna, ou seja, de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, baseada na ideia de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas (ROSS, 1994).

A ação humana, que causa grandes alterações nos processos naturais, se torna cada vez mais significativa e em um ritmo muito mais intenso do que normalmente aconteceria nos ambientes naturais. Ross (1990) destaca que os ambientes, quando estão em condições de equilíbrio dinâmico, são estáveis e, quando estão em desequilíbrio, são instáveis.

A análise das fragilidades ambientais é, assim, uma proposta de classificação com o intuito de definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais e dos ambientes modificados pela ação humana. “A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes permite melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial” (ROSS, 1995, p. 73).

#### 3.2.1 Fragilidade ambiental potencial

O conceito de fragilidade ambiental potencial foi construído por Ross (1990) com base nas Unidades Ecodinâmicas definidas por Tricart (1977), na qual o ambiente é analisado sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas. Considerando que na natureza as trocas de matéria e energia ocorrem através de interações que estão em equilíbrio dinâmico, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que não sofreram a ação antrópica e encontram-se, portanto, em seu estado natural. No entanto, “apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e sempre possível inserção antrópica” (ROSS, 1994, p. 66). Dessa forma, as fragilidades ambientais potenciais, resultantes da Instabilidade Potencial, foram hierarquizadas em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Analisando as características da área de estudo, as localidades que combinam acentuadas declividades das vertentes, com solos de alta erodibilidade e com elevados índices de precipitação concentrados no verão, podem ser consideradas áreas de fragilidade ambiental emergente. Em algumas dessas áreas, as fragilidades são potencializadas, tendo em vista que ocorrem principalmente na porção central da área urbana, onde as diferenças de altitude chegam até 80 metros (AB’SABER, 1968).

Para o mapeamento da fragilidade ambiental potencial em escalas grandes (1:25.000), Ross (1994) propõe a utilização das variáveis declividade, pedologia e cobertura vegetal.

### 3.2.2 Fragilidade ambiental emergente

Os ambientes naturais mostravam-se ou mostram-se, a princípio, em estado de equilíbrio dinâmico, até o momento em que as diversas sociedades humanas provocam intervenções, cada vez mais intensamente, em busca de recursos naturais. A fragilidade dos ambientes naturais frente às intervenções humanas é maior ou menor em função das características associadas à sua gênese (ROSS, 1994).

As fragilidades ambientais emergentes foram caracterizadas por Ross (1994) através das Unidades Ecodinâmicas Instáveis, nas quais a ação antrópica alteraram intensamente os ambientes naturais através de diversas atividades econômicas, como o desmatamento para a agricultura ou para a expansão das áreas urbanas. As fragilidades ambientais emergentes, unidades que representam a Instabilidade Emergente, assim como as fragilidades ambientais potenciais, foram hierarquizadas em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Pode-se apontar a suscetibilidade do solo à erosão como uma das principais fragilidades ambientais naturais de Franca, devido à sua característica geológico-estrutural, associada ao regime climático e ao modelado do relevo. Apesar da maioria das feições erosivas ocorrentes estar relacionada à ação antrópica, Ab'Saber (1968), considerando os processos de voçorocamento em Franca, afirma que

toda boçoroca representa um agressivo processo de ravinamento forçado pela concentração dos lençóis d'água superficiais, originalmente difusos ou discretamente anastomosados. Para que haja esta brutal modificação de padrão de escoamento superficial das águas pluviais, os processos iniciais de ravinamento se apoiam em sulcos pioneiros, de origem predominantemente antrópica (AB'SABER, 1968, p. 5).

Considerando os tipos de usos da terra e sua adequação ou inadequação, pode-se dizer que uma área de baixa ou média suscetibilidade à erosão pode vir a desenvolver processos erosivos de grande magnitude se o uso nela estabelecido tiver uma alta capacidade de indução à erosão (CANIL, 2001).

A ação antrópica potencializa as fragilidades ambientais existentes, quando há inadequações no uso da terra, ainda mais quando há inadequações na destinação de resíduos.

No caso de Franca, as fontes poluidoras mais significativas são relativas aos processos industriais do setor calçadista. A indústria de processamento de couros e peles<sup>5</sup>, utilizados na fabricação de calçados e artefatos como bolsas e cintos, é uma das principais fontes de poluição, tanto das águas quanto dos solos. O curtimento do couro passa por uma fase de tratamento químico com cromo, cádmio e chumbo, entre outras substâncias químicas nos processos de lavagem e curtimento. As águas residuais provenientes destes tratamentos devem passar por um rigoroso processo de tratamento, antes de retornarem aos cursos d'água. Delas resulta o chamado lodo de curtume, que também deve ter destinação adequada e utilização monitorada.

Já os resíduos sólidos restantes de recortes de couros, as chamadas aparas, assim como a serragem e o pó proveniente do processo industrial, são fontes potenciais de contaminação dos solos e, por consequência, também das águas. Esses tipos de resíduos são considerados resíduos sólidos de Classe I, ou seja, resíduos perigosos (ABNT, 2004). A norma NBR 10004 define a periculosidade de um resíduo como sendo

a característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou

---

<sup>5</sup> A relação de áreas contaminadas no estado de São Paulo emitida pela CETESB em 2014 inclui alguns curtumes localizados no município de Franca.

acentuando seus índices; e b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada (ABNT, 2004, p. 2).

Em 2006, uma iniciativa conjunta da Prefeitura Municipal de Franca e de associações locais da indústria coureiro-calçadista viabilizou a construção de um aterro industrial classe I, ou seja, para destinação de resíduos sólidos perigosos como as aparas de couro, que anteriormente não recebiam os devidos cuidados. No entanto, as localidades dos distritos industriais que abrigam a grande maioria destas indústrias podem ser consideradas áreas de fragilidade ambiental emergente, tendo em vista o risco potencial de contaminação do solo e dos mananciais.

Além disso, a ocorrência de feições erosivas lineares como ravinas e voçorocas é um problema muito antigo. Certamente o processo erosivo é potencializado pela supressão da vegetação nativa, para formação de pastagens, e a consequente exposição do solo às intempéries.

Em seu estudo de 1968, Ab'Saber afirma ser

séria e problemática a situação das grandes voçorocas de Franca, as quais, em função do índice de desenvolvimento da cidade, estão sendo envolvidas e englobadas pela expansão urbana, sendo que algumas delas, na forma de lesões grotescas da paisagem, já se encontram dentro da própria cidade (AB'SABER, 1968, p. 5).

Pelas implicações e problemas sociais, urbanísticos, sanitários e administrativos provocados pelo desenvolvimento das voçorocas, os locais de ocorrência destas feições erosivas também serão caracterizados como áreas de fragilidade ambiental emergente.

Para realização do mapeamento da fragilidade ambiental emergente, Ross (1994) aponta para a análise das variáveis declividade, pedologia e uso da terra.

### 3.3 LEGISLAÇÃO

A legislação consultada para a análise desenvolvida neste trabalho está discriminada nos itens subsequentes.

#### 3.3.1 Legislação ambiental federal

A legislação consultada para a análise desenvolvida neste trabalho segue abaixo descrita. O novo Código Florestal (Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012), que estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente (APP) e as áreas de Reserva Legal, é um dos principais embasamentos para a verificação das adequações e inadequações do uso da terra nas áreas urbanas e rurais.

Já Constituição Federal de 1988, em seu artigo 182, regulamentado através da Lei 10.257 de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade), define como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, o Plano Diretor. Em nível municipal, o Plano Diretor deve conter diretrizes para orientação da construção de espaços urbanos, pelo poder público ou iniciativa privada.

Para subsidiar as análises realizadas com relação aos impactos causados nos recursos hídricos, foi consultada a Lei federal nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Por fim, foram analisadas as diretrizes estabelecidas pela Lei Federal 6.766, de 19 de dezembro de 1979, alterada pela Lei Federal 9.785 de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre o Parcelamento do solo urbano.

### 3.3.2 Legislação municipal

Instituído pela Lei Complementar nº 50, de 17 de janeiro de 2003, o Plano Diretor do município de Franca dá direcionamentos às áreas de expansão urbana, sendo vetores de crescimento urbano os setores oeste e sudeste. Em seu artigo 11, o território municipal é subdividido em quatro Macrozonas, devidamente discriminadas e demarcadas, definidas em função das condições geomorfológicas, ambientais e de infraestrutura, conforme abaixo:

I - Macrozonas de Ocupação Preferencial: constituídas por áreas com condições geomorfológicas e ambientais propícias para urbanização, dotadas de infraestrutura, no mínimo atendidas pelas redes de água potável, esgotamento sanitário e energia elétrica;

II - Macrozonas de Ocupação Restrita: áreas com condições geomorfológicas e ambientais propícias para urbanização não dotadas de infraestrutura, tais como:

a) áreas com condições geomorfológicas e ambientais propícias para urbanização não dotadas de infraestrutura;

b) áreas com condições físicas adversas, abrangendo áreas erodidas, em processo de erosão ou suscetíveis a erosão;

c) áreas impróprias para urbanização, constituídas por: planícies aluvionares (várzeas); margens de rios, córregos, lagoas, reservatórios artificiais e nascentes; áreas recobertas com vegetação natural remanescente; demais áreas de preservação permanente que ocorram no Município, de acordo com o Código Florestal e com o Código do Meio Ambiente do Município de Franca (Lei Complementar nº 09/96);

d) áreas sujeitas à preservação ambiental, constituídas pelas áreas abaixo e pelas situações definidas no Código do Meio Ambiente do Município de Franca:

1-faixas de terreno com, no mínimo, 100 metros ao longo das margens do rio Canoas e seus afluentes;

2-faixas de terreno com, no mínimo, 30 (trinta) metros das margens dos córregos e cursos d'água que atravessam a área urbana do município;

3-as áreas de terreno com vegetação nativa existentes no território municipal.

III - Macrozonas de Expansão Urbana: são aquelas que, pelas condições geomorfológicas e ambientais são propícias para urbanização, por necessidade de crescimento da cidade;

IV - Macrozonas de Ocupação Rural: as destinadas às atividades de produção de alimentos, às atividades de silvicultura e mineração, bem como à ocupação por chácaras de recreio e atividades de turismo e lazer.

Devido à importância para o abastecimento urbano, as bacias hidrográficas do rio Canoas e do córrego Pouso Alegre são consideradas como áreas de interesse especial, protegidas pela Lei Municipal 4.240, de 11 de dezembro de 1992, bem como as modificações instituídas pela Lei nº 4.420, de 07 de abril de 1994. Esta legislação prevê que os esgotos produzidos devem ser revertidos para outras bacias que não as dos córregos protegidos, através de Estações Elevatórias. Quanto aos loteamentos, devem apresentar o Estudo de Viabilidade Técnica Econômica (EVTE), englobando todas as infra e superestruturas exigidas pela Lei Municipal, bem como aquelas que venham a ser determinadas como medidas mitigadoras pelos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto do Meio Ambiente (RIMA).

Já a Lei Complementar nº 09, de 26 de novembro de 1996, que institui o Código do Meio Ambiente do município de Franca, cria a Área de Preservação Ambiental do rio Canoas e o Banco de Dados Ambientais.

A Lei Complementar nº 137, de 18 de dezembro de 2008, que trata do parcelamento do solo, faz considerações a respeito de áreas de risco potencial de erosão, classificando-as em unidades para as quais são exigidos procedimentos especiais para parcelamento, uso da terra. O artigo 10º da respectiva lei assim determina:

I. Unidade de Risco Potencial Muito Baixo de Erosão

Classe I- áreas não recomendáveis à expansão urbana, exceto para parques e lazer.

## II. Unidade de Risco Potencial Baixo de Erosão

Classe II - áreas favoráveis à ocupação com exceção dos fundos de vale.

## III. Unidade de Risco Potencial Médio de Erosão

Classe IIIA - áreas mais favoráveis à ocupação;

Classe IIIB - áreas favoráveis à ocupação;

Classe IIIC - áreas consolidadas que exigem medidas de manutenção.

## IV. Unidade de Risco Potencial Alto de Erosão

Classe IVA - áreas favoráveis à ocupação urbana;

Classe IVB - áreas com restrições à ocupação urbana;

Classe IVC- áreas consolidadas com infraestrutura deficiente ou falta de manutenção.

## V. Unidade de Risco Potencial Muito Alto de Erosão

Classe VA - áreas com restrições à ocupação;

Classe VB - áreas não recomendáveis à ocupação.

Para cada uma das classes, são estabelecidos os limites territoriais das Unidades de Risco Potencial de Erosão, os quais seguem as orientações do Parecer Técnico nº 7149 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) - Subsídios Técnicos para um plano de controle preventivo e corretivo de erosão para a área urbana do Município de Franca-SP, realizado em 1999.

## 4. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Franca localiza-se no nordeste do estado de São Paulo e dista da capital em aproximadamente 400 km. É o município sede da sua Microrregião. Tem como municípios limítrofes São José da Bela Vista, Restinga, Cristais Paulista, Batatais, Patrocínio Paulista e Ribeirão Corrente, e do estado de Minas Gerais, Ibiraci e Claraval. Este município localiza-se entre as coordenadas geográficas 20°32'19" S e 47°24'03" W. A altitude média é de cerca de 1000 metros acima do nível médio do mar. A área territorial do município é de aproximadamente 609 km<sup>2</sup> (figura 2).

De acordo com Chiachiri Filho (1986), a história e a economia da região de Franca podem ser definidas em três grandes fases: a criação de gado, o café e a industrialização.

A ocupação da região de Franca iniciou-se no final do século XVIII e início do século XIX através da criação de gado. Posteriormente, o desenvolvimento da cultura do café

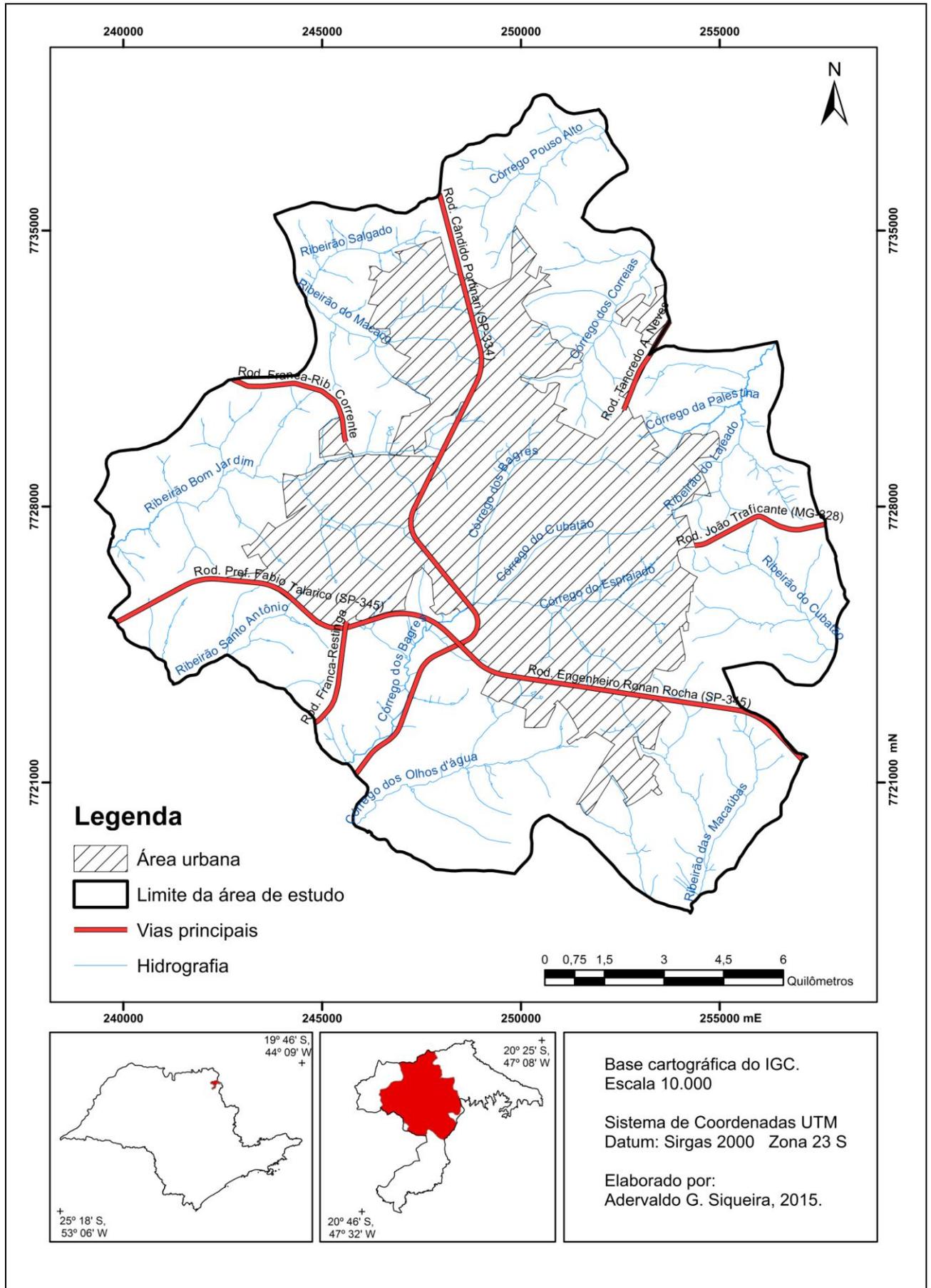


Figura 2 - Localização da área de estudo no município de Franca.

proporcionou o primeiro grande avanço econômico, em meados do século XIX, fator decisivo para a chegada da Estrada de Ferro Mogiana a Ribeirão Preto (1883) e a Franca (1897). Neste momento, a economia local era movida principalmente pela exportação de café, enquanto importava-se a maioria dos produtos manufaturados. Artesanalmente algumas fazendas produziam implementos agrícolas, arreios, artigos de couro e alguns tecidos de algodão, dando-lhes certa autonomia (CHIACHIRI FILHO, 1986).

Com a crise de 1929, que abalou o mercado mundial, surgiram várias restrições às importações de produtos manufaturados, fator que contribuiu para o desenvolvimento do processo de industrialização no município. Como modificações surgidas nesse período, destacam-se a diversificação da agricultura e o deslocamento das atividades artesanais para os centros urbanos, caracterizando o início do uso industrial do solo urbano, assim como o processo de urbanização da região (IPT, 1999).

Nas últimas décadas, Franca tornou-se um importante polo industrial, caracterizado principalmente pela cadeia produtiva de calçados, possibilitando um acelerado crescimento populacional e econômico. Outra atividade econômica, além da agropecuária e da produção de calçados, que merece destaque, mas que atualmente já não tem tanta expressão é a lapidação e a comercialização de diamantes.

#### 4.1 Geologia

A área de estudo está assentada na borda da bacia sedimentar do Paraná. As unidades geológicas que ocupam a região são as rochas mesozoicas pertencentes ao Grupo São Bento (rochas sedimentares das Formações Piramboia e Botucatu e as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral) da bacia sedimentar do Paraná (IPT, 1999). Segundo Ab'Saber (1968, p. 8), “todo o altiplano de Franca a Pedregulho corresponde a esse pacote de arenitos supra-basálticos, constituído por algumas dezenas de metros de arenito Botucatu e, logo acima e de modo descontínuo, por arenitos e, eventualmente conglomerados, de uma porção basal do arenito Bauru”.

De acordo com Zuquette et al (1995), os sedimentos basais do Cretáceo Superior pertencem à Formação Itaqueri, dentro do Grupo Bauru. Porém, estudos desenvolvidos pelo IPT, Cabral Júnior et al (1992) e por Hellmeister Júnior (1997) redefiniram a sequência litoestratigráfica na região de Franca: a até então considerada Formação Itaqueri foi definida como “Formação Franca”, inserindo-a no Grupo São Bento, de idade Cretácea inferior (IPT, 1999). “Os sedimentos desta unidade estão em contatos ora concordantes, ora discordantes

com os basaltos da Formação Serra Geral, com os arenitos da Formação Botucatu e também sobre terrenos metamórficos pré-cambrianos” (IPT, 1999, p. 118).

#### 4.1.1 Formação Piramboia

A Formação Piramboia é constituída de arenitos que variam de esbranquiçados a amarelados e avermelhados, síltico-argilosos, com granulação que varia de média a muito fina, com grãos mal selecionados, polidos, subangulares e subarredondados. São verificadas ocorrências de finas intercalações de argilitos e siltitos (PETRI; FULFARO, 1983).

De acordo com Hellmeister Júnior (1997), a Formação Piramboia ocorre na porção sul do município de Franca. Quanto à granulometria, varia de média a muito fina, localmente grossa, com até 20% de matriz argilosa, e pode conter camadas finas de lamitos em intercalação. Na região, os pacotes arenosos são caracterizados por estratificação cruzada planar, plano-paralela, tangencial na base e mais raramente acanalada. Localmente, atingem cerca de 60 m de espessura (IPT, 1999).

Com a sobreposição da Formação Botucatu, a Formação Piramboia pode manter relações de contato transicionais ou abruptas, sugerindo penecontemporaneidade. A base desta unidade é marcada por um *sill* de diabásio, situação bem demonstrada no vale do rio Canoas (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

#### 4.1.2 Formação Botucatu

A Formação Botucatu é constituída principalmente por arenitos com seleção de regular a boa, granulometria que varia de fina a média, com grãos foscos e esféricos, bem arredondados, com estratificações cruzadas de médio e grande porte, e inclinação em torno de 30°, tangencial na base (PETRI; FULFARO, 1983; HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

O ambiente de deposição da Formação Botucatu foi predominantemente eólico, num grande deserto de aridez crescente que se estendeu até o início do vulcanismo basáltico (IPT, 1999).

Localmente, as maiores áreas de ocorrência dos arenitos Botucatu são no vale do rio Sapucaí-Mirim, onde se interligam por uma faixa irregular na divisa com os municípios de Claraval e Ibiraci, onde os arenitos da Formação Botucatu aparecem no relevo escarpado entre a Formação Piramboia, sotoposta, e os derrames da Formação Serra Geral, sobreposta (IPT, 1999). Segundo Hellmeister Júnior (1997), podem ocorrer principalmente na porção basal da unidade, corpos lenticulares de arenitos heterogêneos, de granulação média a

grossa, passando a arenitos conglomeráticos, cujos seixos são em maioria de quartzo e quartzito. Em meio aos arenitos, podem existir sedimentos lacustres em camadas de espessura máxima da ordem de alguns metros, constituídos de leitos de argilito e silito argiloso com estratificação em geral plano-paralela.

#### 4.1.3 Formação Serra Geral

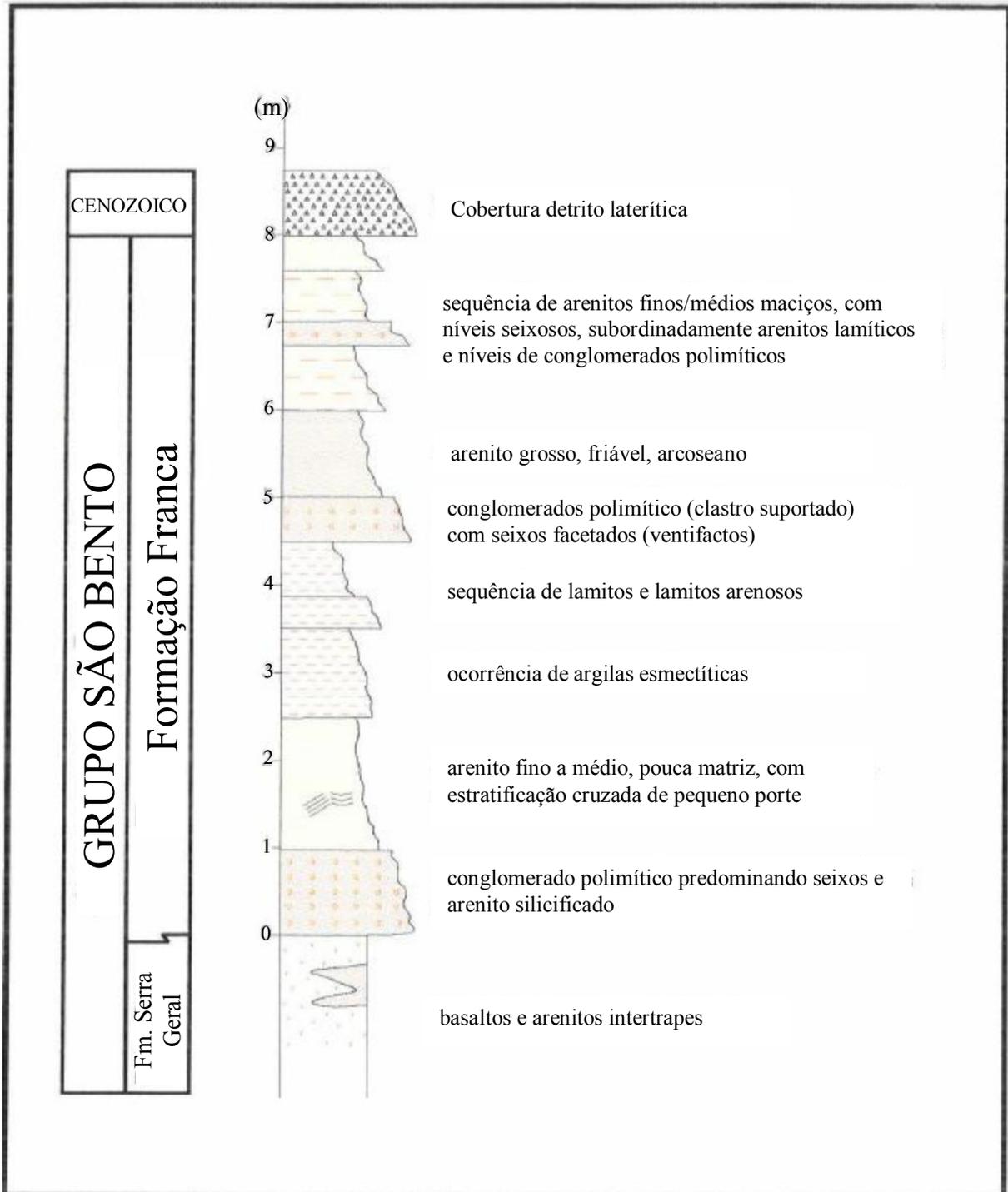
A Formação Serra Geral caracteriza o grande vulcanismo da bacia sedimentar do Paraná. As rochas são predominantemente vulcânicas principalmente sob a forma de derrames basálticos, ocorrendo mais raramente intrusivas alcalinas. Podem intercalar-se aos derrames pequenas lentes e camadas de arenitos (PETRI; FULFARO, 1983). Os derrames são formados por rochas de coloração cinza escura a negra, geralmente afaníticas. Nos derrames mais espessos, a zona central é maciça, microcristalina e apresenta-se fraturada por juntas subverticais de contração (disjunção colunar) (IPT, 1999).

Na região de Franca, os derrames basálticos da Formação Serra Geral, geralmente destaca-se na paisagem, através de morros testemunho isolados e superfícies aplainadas elevadas, com bordas escarpadas (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997). No contato superior da Formação Serra Geral com os sedimentos da Formação Franca, observou-se na região contatos transicionais (IPT, 1999), concordantes e discordantes (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

#### 4.1.4 Formação Franca

A Formação Franca apresenta uma sequência detrítica imatura, incluindo desde conglomerados até fácies essencialmente argilosas. Nela são predominantes as rochas arenosas de variam de granulometria e selecionamento, maciças, raramente estruturadas, imaturas texturalmente e mineralogicamente. Percebe-se com frequência a presença de conglomerados polimíticos (clastos de até 20 cm de diâmetro) e arenitos conglomeráticos. Também é comum a intercalação de bancos de lamitos arenosos e mais raramente argilitos (figura 3)(IPT, 1999).

De acordo com Hellmeister Júnior (1997), a associação faciológica desta unidade é condicionada em ambiente de deposição de alta energia, característica típica de sistemas de leques aluviais, a qual envolve principalmente depósitos de fluxos de massas, além de depósitos de canais, lençóis de escoamento e lacustres.



**Figura 3** – Perfil geológico da Formação Franca, município de Franca.

Fonte: Hellmeister Júnior, 1997.

Para melhor descrever a gênese da Formação Franca, Hellmeister Júnior (1997) descreve que:

No contexto paleogeográfico mais amplo, a Formação Franca possivelmente representou parte das cabeceiras da paleobacia São Bento no flanco nordeste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo, correspondendo, mais especificamente, à preservação de parte do *reg* desértico mesozoico (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997, p. 46).

Caracterizando a litoestratigrafia da Formação Franca, a sequência mesozoica é formada pelo Grupo São Bento e Grupo Bauru, que sobrepõem o conjunto basáltico da Formação Serra Geral, e estão sobrepostos por sedimentos cenozoicos (CABRAL JÚNIOR et al, 1992).

Os referidos estudos admitem contatos concordantes, transicionais e erosivos entre a Formação Franca e a Formação Serra Geral. De acordo com IPT (1999), os contatos concordantes são nitidamente verificados em diversos locais, onde arenitos eólicos da Formação Serra Geral estão sobrepostos por lamitos arenosos. Nos contatos geológicos transicionais são expressivas as evidências de intercalação de rochas vulcânicas em meio ao pacote sedimentar, assim como também se percebe a ocorrência de sedimentos flúvio-lacustres métricos em intercalação com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Já nos contatos erosivos verificam-se brechas basálticas e níveis conglomeráticos (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

#### 4.1.5 Coberturas sedimentares cenozoicas

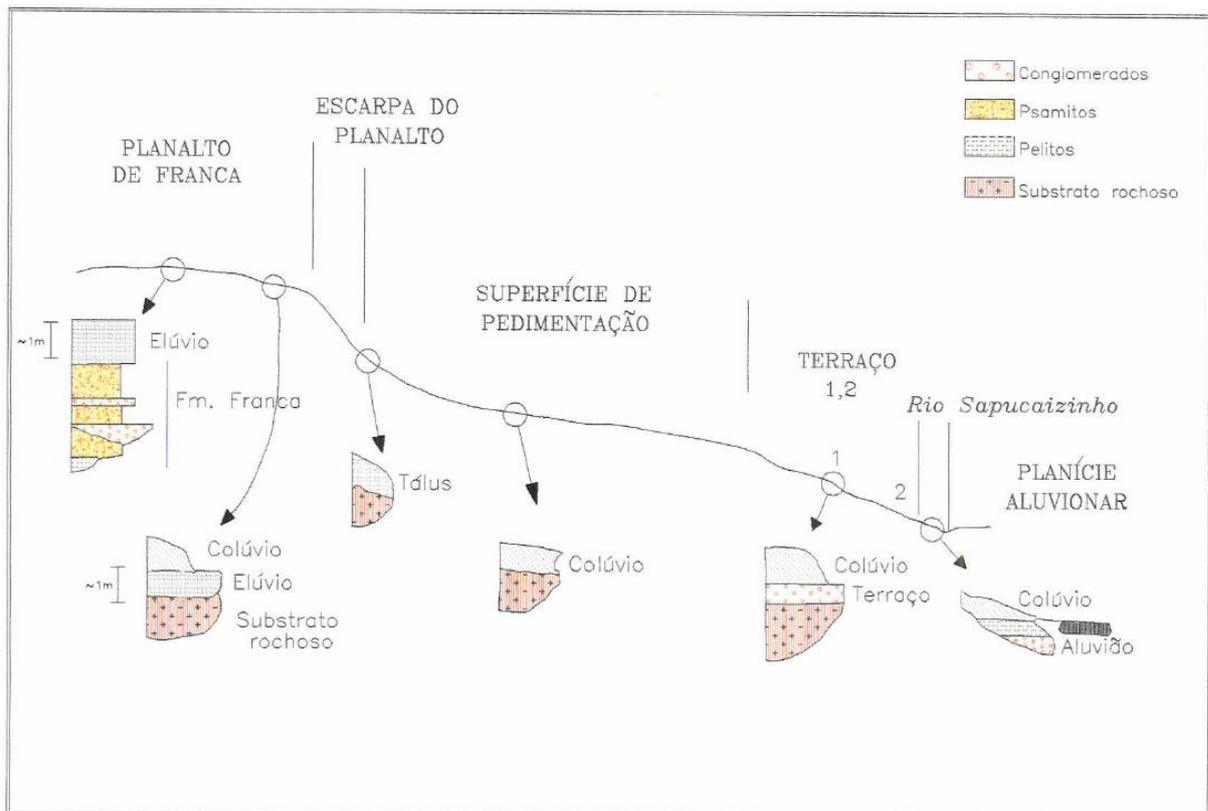
O mapa geológico do estado de São Paulo (PERROTA et al, 2005), na escala de 1:750.000, registra na região de Franca a ocorrência de Coberturas Dentríticas Indiferenciadas (Qdi), compostas por areia, silte, argila e cascalho indiferenciados do Cenozoico (Pleistoceno). Em mapeamento de maior detalhe (1:250.000) elaborado pelo IPT (1999), verifica-se duas ocorrências distintas: sedimentos aluvionares (aluviões em geral, incluindo depósitos de terraços) e sedimentos continentais indiferenciados (areias argilosas e cascalhos incoesos e sem estruturas sedimentares).

De acordo com Hellmeister Júnior (1997) e o IPT (1999), as coberturas sedimentares cenozoicas encontradas em Franca e região estão amplamente distribuídas em extensas coberturas arenosas de origens diversas, em idades diferentes, recobrando indistintamente rochas de diferentes unidades, compreendidas por depósitos eluviais, aluviais, coluviais, e de tálus e algumas coberturas de derivação incerta (figura 4).

Caracterizando os sedimentos originados de depósitos eluviais, Hellmeister Júnior afirma que:

Os depósitos eluviais recobrem extensos chapadões e espigões (acima de 1000 m), essencialmente conglomeráticos, correspondendo, possivelmente, a depósitos residuais associados à Superfície Sulamericana do Terciário, a mais antiga superfície de erosão preservada na região. Em quase toda a área ocorrem capeando rochas da Formação Franca, produzem solos muito pobres, sendo de difícil definição o contato, com drenagem de baixíssima densidade. Atingem espessuras superiores a 3 m. Sua estrutura é

predominantemente maciça, com incipientes estratificações cruzadas e acamamentos paralelos (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997, p. 60).



**Figura 4** – Perfil esquemático EW da região de Franca e seções colunares representativas.

Fonte: Hellmeister Júnior, 1997.

De acordo com o IPT (1999), os conglomerados são compostos principalmente por seixos e calhaus de quartzitos, quartzo, e fragmentos de canga limonítica, de matriz arenosa mal selecionada. Percebe-se laterização intensa, sendo que a camada rudácea encontra-se com frequência cimentada por material ferruginoso. Controlados pela variação do lençol freático e pela evolução dos níveis de base locais das drenagens, percebe-se ainda a ocorrência em processo da formação de agregados limoníticos.

Quanto aos depósitos aluviais, observa-se sua ocorrência nos patamares dos principais vales da região, ou seja, nas várzeas e nos terraços fluviais, principalmente dos rios Sapucaí, Grande, Canoas, Sapucaizinho e Santa Bárbara. Os sedimentos encontrados nas várzeas possuem maior variação em termos líticos, texturais e estruturais que os de terraços. São compostos de conglomerados suportados por seixos e arenitos, podendo apresentar espessuras acima de 5 m, com coloração cinza e creme-esbranquiçada. Verifica-se com frequência depósitos de argila orgânica preta, com troncos e fragmentos carbonizados de madeira (IPT, 1999).

Depósitos conglomeráticos pouco espessos, geralmente de 20 a 40 cm, podendo atingir 1 m são predominantes nos terraços. Observa-se comumente seixos e calhaus de quartzo, quartzito (bem arredondados) e laterita. As cascalheiras de terraço são comumente capeadas por solo coluvionar, mascarando a forma plana dos terraços, tornando difícil sua identificação (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

Já os coluviões são os depósitos mais espalhados de toda a área em análise. De acordo com o IPT (1999, p. 117), “recobrem as mais variadas formas de relevo e tipos de rochas, principalmente nas encostas, geralmente na frente das *cuestas*, e são resultantes de um processo de entalhamento das escarpas, sob condições climáticas provavelmente áridas a semi-áridas”. Os sedimentos são formados por areias intercaladas com níveis de cascalhos, encontrados em níveis topográficos que variam de 700 a 900 m (HELLMEISTER JÚNIOR, 1997).

Por fim, os depósitos de tálus são de pequenas dimensões e frequentes nos sopés das serras e morros mais elevados. São constituídos por clastos grossos, em que predominam matações de basaltos e arenitos intertrapes (IPT, 1999).

#### 4.2 Pedologia

De acordo com o mapa pedológico do estado de São Paulo (Oliveira et al, 1999), escala de 1:500.000 e o mapa pedológico da bacia hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande (IPT, 1981), na escala de 1:250.000, as associações pedológicas verificadas em Franca são as seguintes:

- a) Latossolo Roxo distrófico, com horizonte A moderado, textura muito argilosa e argilosa, situados em relevo que varia de ondulado a suave ondulado (colinas médias) e eutrófico, situado em relevo forte ondulado (morros arredondados) e montanhoso (escarpas festonadas). Inclusões: Terra Roxa estruturada eutrófica, com horizonte A moderado, textura muito argilosa e argilosa (fase pedregosa); Cambissolos Litólicos eutróficos, com horizonte A moderado e textura argilosa (fase pedregosa).
- b) Associação de Latossolo Vermelho-amarelo distrófico com horizonte A moderado e proeminente, textura média e argilosa e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com horizonte A moderado e textura média e argilosa, ambos situados em relevo suave ondulado (colinas médias), correspondente à Formação Franca. Inclusões: Latossolo Vermelho-amarelo álico, com horizonte A moderado, textura média e

argilosa, Latossolo Roxo distrófico, com horizonte A moderado e textura argilosa, e Podzólico Vermelho-amarelo álico, com horizonte A moderado e textura arenosa/média. Encontram-se inclusas dispersamente na predominância dos dois primeiros.

- c) Associação de Areias Quartzosas distróficas, com horizonte A fraco e moderado, e Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, com horizonte A moderado e textura média. Ambos estão dispostos em relevo suave ondulado a plano (colinas médias), relativos à Formação Botucatu e Formação Piramboia. Inclusões: Latossolo Vermelho-escuro distrófico, com horizonte A moderado e textura argilosa, e Podzólico Vermelho-amarelo distrófico, com horizonte A moderado e textura arenosa/média, encontrados em relevo suave ondulado, dispersos na predominância dos dois primeiros.

Um levantamento pedológico expedito foi realizado pelo IPT (1999) associado aos dados geológicos e de relevo já existentes, buscando correlacionar a ocorrência de um determinado tipo de solo ao substrato que lhe deu origem. Realizando as adaptações de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (BRASIL, 2013), tem-se as seguintes classes de solos:

- a) Latossolo Vermelho: ocorre em relevo suave ondulado e sua cor é bastante homogênea em profundidade. O teor de argila é quase o mesmo ao longo do perfil.
- b) Latossolo Vermelho-amarelo: sua ocorrência se dá em relevo predominantemente suave ondulado. Apresenta textura média ou argilosa e cor amarelada homogênea em profundidade.
- c) Neossolo Litólico: sua ocorrência se dá em relevo ondulado, podendo aparecer também em faixas de relevo mais suavizado. É um solo raso em que, geralmente, os horizontes A-C-R somados (quando existentes) ou o horizonte A sobre a rocha não ultrapassa 50 cm de profundidade.
- d) Neossolo Quartzarênico: encontrado em relevo plano ou suave ondulado, apresentando textura arenosa ao longo do perfil, e cor amarela uniforme nas camadas inferiores ao horizonte A.
- e) Gleissolo Háplico: presente em relevo plano de várzea ou nas cabeceiras de drenagem, onde encontram-se instaladas muitas voçorocas com processo erosivo ativo, provocando o desenvolvimento de solos hidromórficos.

### 4.3 Geomorfologia e processos erosivos

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a região é pertencente à província das cuestas basálticas, sendo que a área urbana encontra-se na borda sul-ocidental do chamado Planalto de Franca-Pedregulho, o reverso da feição cuestiforme (AB'SABER, 1968; ALMEIDA, 1974).

Ross e Moroz (1997), em mapeamento na escala de 1:500.000 consideram que a região se encontra na Unidade Morfoescultural da Bacia Sedimentar do Paraná, enquadrada no Planalto Ocidental Paulista, individualmente caracterizada nos Planaltos Residuais de Franca-Batatais. Segundo os referidos autores, nesta unidade são predominantes as formas de relevo denudacionais cujo modelado é constituído basicamente por colinas de topos aplanados ou tabulares, com vales entalhados de menos de 20m a 40m e dimensão interfluvial média de 750 a 3.750m. É um centro dispensor de drenagem por tratar-se de áreas altas e circundadas por terras baixas.

Considerando as fragilidades ambientais, os Planaltos Residuais de Franca-Batatais são assim descritos:

por apresentar formas de dissecação baixa e vales pouco entalhados e com densidade de drenagem baixa e vertentes pouco inclinadas, esta unidade apresenta um nível de fragilidade potencial baixo, com baixo potencial erosivo, nos setores mais aplanados dos topos dos interflúvios, tornando-se com maior potencial nos setores de vertentes onde aumentam as declividades destas (ROSS; MOROZ, 1997, p.43).

Em mapeamento de maior detalhe, na escala de 1:250.000, elaborado pelo IPT (1999) (figura 5), verifica-se a ocorrência das seguintes feições no município de Franca:

- a) Colinas médias: nelas predominam interflúvios com áreas que variam de 1 a 4 km<sup>2</sup>, de topos aplainados e vertentes com perfis convexos a retilíneos. A rede de drenagem é de média a baixa densidade, apresentando padrão sub-retangular, em vales que variam de abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e eventualmente verifica-se a presença de lagoas perenes ou intermitentes.
- b) Morros arredondados: possuem topos arredondados e localmente achatados, vertentes com perfis que variam de convexos a retilíneos, percebendo-se localmente a presença de ravinamentos. Há exposições locais de rocha e presença de espigões curtos locais. Quanto à drenagem, apresenta média densidade em padrão que varia de dendrítico a subdendrítico, em vales predominantemente fechados.

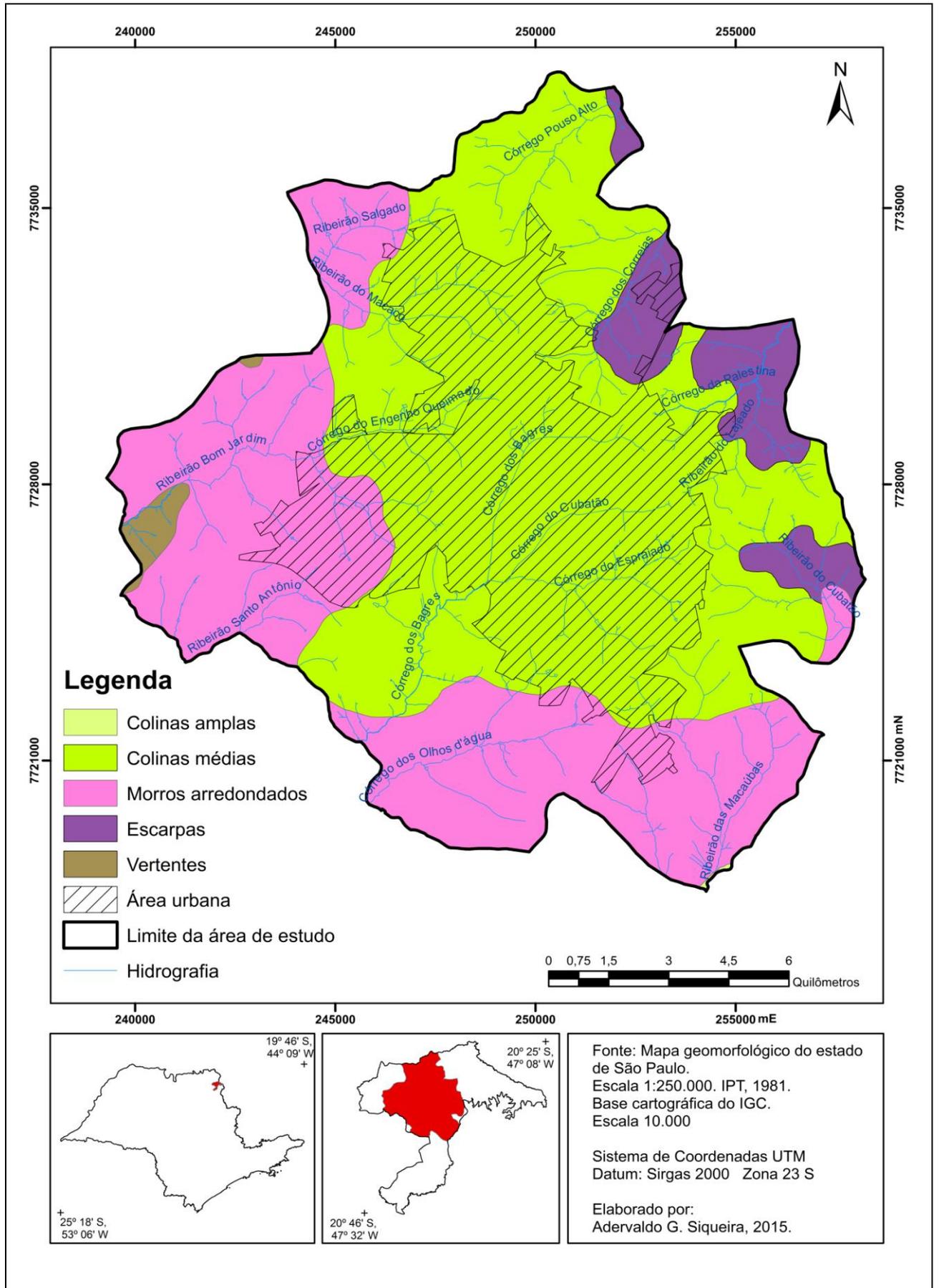


Figura 5 – Mapa geomorfológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

- c) Escarpas festonadas: são desfeitas em anfiteatros separados por espigões, verificando-se topos angulosos e vertentes com perfis retilíneos. A rede de drenagem é de alta densidade, marcada por padrão que varia de subparalelo a dendrítico, em vales fechados.
- d) Vertentes não escarpadas com cânions locais: apresentam perfis que variam de retilíneos a convexos, com trechos escarpados. A drenagem é de média densidade, padrão pinulado, em que os vales principais apresentam fundos chatos.
- e) Colinas amplas: ocupa uma área pouco representativa da área de estudo, localizada no extremo sul. Nesta unidade geomorfológica há o predomínio de interflúvios com área superior a 4 km<sup>2</sup>, caracterizadas por topos extensos e aplainados, vertentes com perfis que oscilam de retilíneos a convexos. A rede de drenagem é de baixa densidade, caracterizada por padrão subdendrítico, vales abertos, onde as planícies aluviais são restritas, com a eventual presença de lagoas perenes ou intermitentes.
- f) Morros amplos: constituídos por interflúvios arredondados de área superior a 15 km<sup>2</sup>, de topos que variam de arredondados a achatados, vertentes com perfis que variam de retilíneos a convexos. A drenagem, nestes setores do relevo, é de baixa densidade, apresentando padrão dendrítico, vales abertos e planícies aluviais interiores restritas. Destaca-se que em vários pontos há ocorrências de voçorocas.

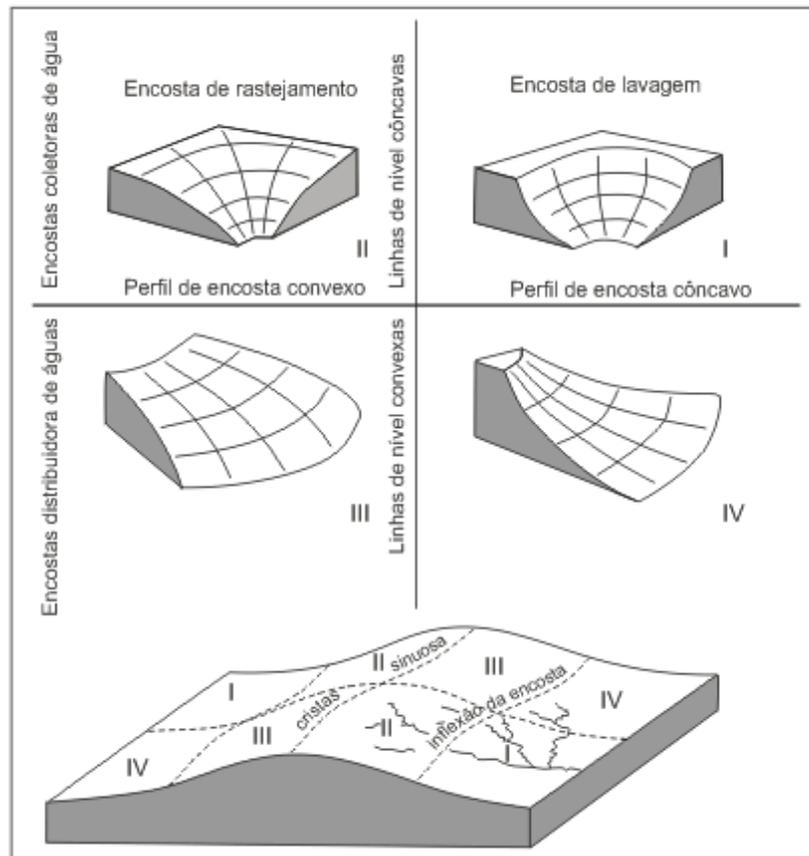
É importante salientar que a geometria da encosta (figura 6) é um fator determinante na gênese dos processos erosivos. Segundo Oliveira (2010), as cabeceiras de drenagem com perfil côncavo-plano constituem ambientes propícios ao desenvolvimento de voçorocas e ravinas.

A esse respeito, Salomão (2010) classifica como áreas extremamente suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas aquelas que:

situam-se em nascentes, fundo de vales e cabeceira de drenagem, especialmente se essas cabeceiras apresentarem formas de anfiteatros côncavos. Incluem-se também setores de vertentes que apresentam nível de água do lençol subaflorante, passíveis de desenvolver sulcos e ravinas com o simples desmatamento (SALOMÃO, 2010, p. 253).

Quando fatores intrínsecos, como declividade e geometria da vertente, uso da terra, e os fatores extrínsecos, como intensidade e duração das chuvas promovem o escoamento superficial concentrado, Caseti (2005) informa que nas vertentes de perfil côncavo “tem-se, via de regra, o processo de corrosão ou alargamento do canal, que resulta do efeito do impacto

de partículas sobre o material estático do fundo e das bordas do canal. Esse tipo de escoamento pode levar à formação de sulcos ou ravinas” (CASSETI, 2005, p.15).

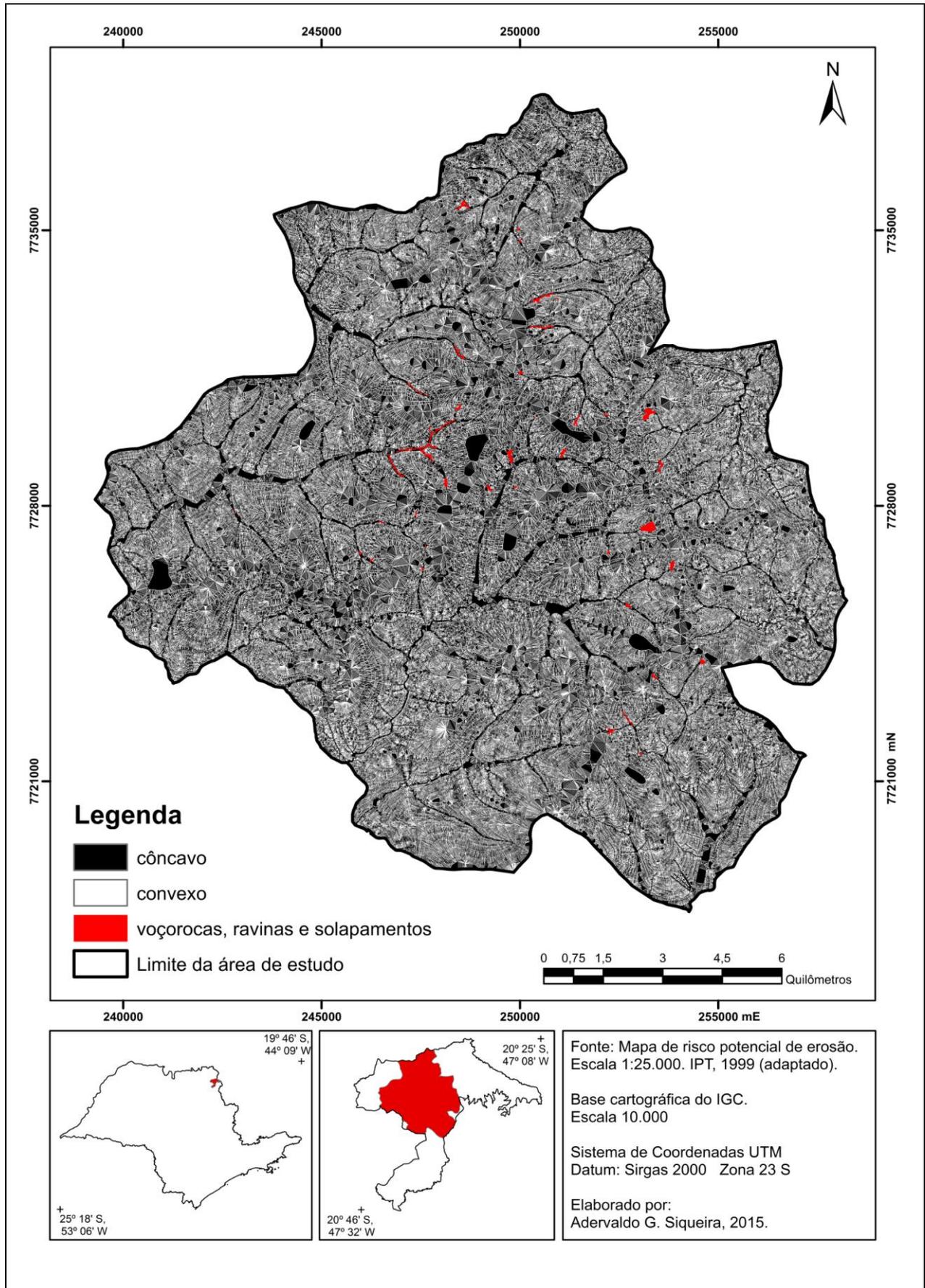


**Figura 6** - Classificação dos elementos de uma encosta, de acordo com a forma e os processos operantes. **Fonte:** CASSETI, 2005.

É esta a situação verificada na maior parte das ocorrências de processos erosivos localizados na área urbana e expansão urbana de Franca. Segundo o IPT (1999), os ambientes de muito alta suscetibilidade à erosão são caracterizados por formas de vertentes predominantemente convexas, mas apresentando alguns setores de cabeceiras de drenagem na forma de anfiteatros (côncava), sendo que as cabeceiras de drenagem são os setores preferenciais para ocorrência dos processos erosivos (voçorocas de cabeceiras de drenagem), que caracterizam o avanço remontante das drenagens em direção aos interflúvios.

A figura7 ilustra a espacialização dos setores do relevo com perfil côncavo e convexo, elaborado a partir do MDT da área de estudo, além da localização dos processos erosivos.

De acordo com Parecer Técnico realizado pelo IPT (1999), foram identificadas 51 feições erosivas do tipo voçoroca, das quais 32 são de grande porte. Na figura 8 é possível verificar também os processos erosivos conectados à rede de drenagem.



**Figura 7** – Perfil do relevo da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.



#### 4.4 Clima

Sobre os aspectos climáticos, o município de Franca é classificado como Tropical de Altitude, pelo sistema proposto por Köppen, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso. Setzer (1966)<sup>6</sup> aponta três tipos climáticos na região, dos quais dois caracterizam o município de Franca: Cwa, quente e úmido com inverno seco, e Cwb, temperado úmido com estação seca (tabela 1).

**Tabela 1** – Caracterização dos tipos climáticos verificados no município de Franca, de acordo com a classificação climática de Köppen, segundo Setzer (1966).

<b>Tipo climático</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Total de chuva no período seco</b>	<b>Temperatura média no mês mais quente</b>	<b>Temperatura média no mês mais frio</b>
Quente com inverno seco	Cwa	Menos de 30 mm	Acima de 22°C	Abaixo de 18°C
Temperado com inverno seco	Cwb	Menos de 30 mm	Abaixo de 22°C	Abaixo de 18°C

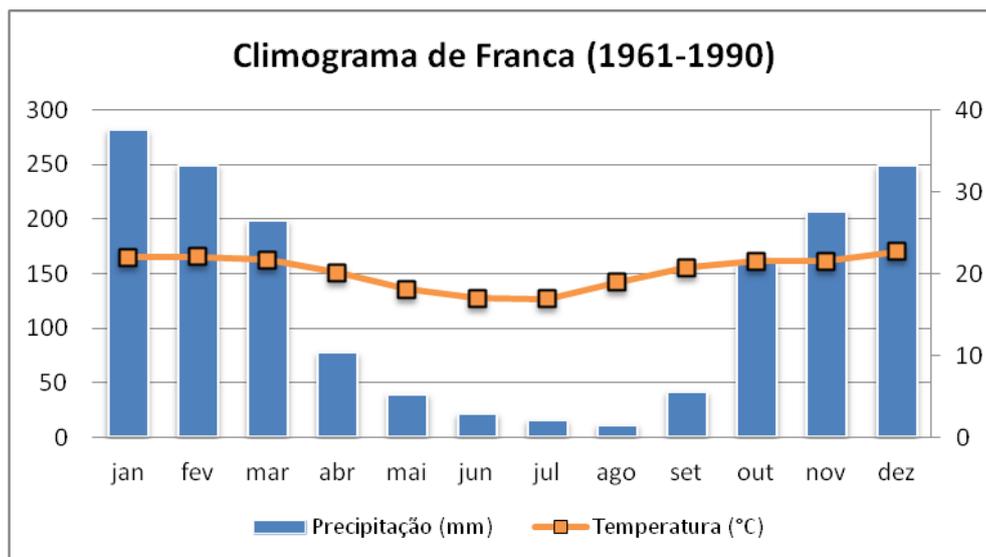
A temperatura média anual é de 20,2°C e a precipitação média anual é de 1545 mm, de acordo com dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) contidos na tabela 2 e na figura 9.

**Tabela 2** – Dados climáticos de Franca, período 1961-1990

<b>Mês</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Janeiro	281	22
Fevereiro	249	22.1
Março	198	21.7
Abril	77	20.1
Maiο	39	18.1
Junho	21	17
Julho	15	16.9
Agosto	11	18.9
Setembro	41	20.7
Outubro	159	21.5
Novembro	206	21.5
Dezembro	248	22.7

Fonte: INMET. Dados históricos (1961-1990).

<sup>6</sup> Apud Lima (2009).



**Figura 9** – Climograma de Franca.

**Fonte:** INMET. Dados históricos (1961-1990).

Com base nestes dados, é possível verificar duas estações bem definidas. O período chuvoso concentra-se de outubro a março, sendo que o mês de janeiro registra a maior média dos índices de precipitação total (281 mm). Já o período seco concentra-se de junho a agosto, sendo que os registros relativos a agosto demonstram a menor média dos índices de precipitação total (11 mm).

Tendo como base a variação espacial das chuvas no período de 1971-1993, SANT'ANNA NETO (1995) destaca que o município de Franca (localizado na unidade das *cuestas* basálticas, subunidade Franca-Batatais e na unidade Norte, subunidade Vale do Sapucaí-Mirim) apresenta totais de precipitação média anual superiores a 1500 mm em função do fator altitude. Neste período, a estação chuvosa (outubro a março) concentrou 80% da precipitação total anual, o que ocasiona uma estação seca mais prolongada.

#### 4.5 Hidrografia

Considerando a gestão dos recursos hídricos, o município de Franca pertence à Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande (figura 10). Esta Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 08) foi definida pela Lei nº 9.034, de 27/12/94, e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí-Mirim/Grande foi fundado em 26/05/1996, pelas disposições transitórias da Lei nº 7663, de 1991.

A Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande é interestadual, pois limita-se ao Norte, com o estado de Minas Gerais, pelo rio Grande. Os cursos d'água que alimentam o rio Sapucaí-Mirim, assim como alguns afluentes do rio Canoas também nascem no Estado de

Minas Gerais. A UGRHI abrange uma área de 9.000 km<sup>2</sup>, compreendendo 24 municípios, dos quais 22 tem sede nesta bacia.



**Figura 10** – Limites do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí-Mirim/Grande.

**Fonte:** <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/apresentacao>

Analisando a realidade local, Ab’Saber (1975) afirma que a rede hidrográfica, em alguns trechos, entalhou seu talvegue até o derrame basáltico, como é o caso do córrego dos Bagres, que corta a área urbana. “Os córregos que sulcam o sítio urbano de Franca possuem um traçado E-W nas suas cabeceiras extremas, desviando-se logo para SSW, comandados que são pela drenagem do rio Sapucaí-Mirim. Em conjunto a drenagem regional é radial, parte pertencendo à bacia do rio Sapucaí-Mirim e parte ao alto rio Canoas” (AB’SABER, 1975, p. 2).

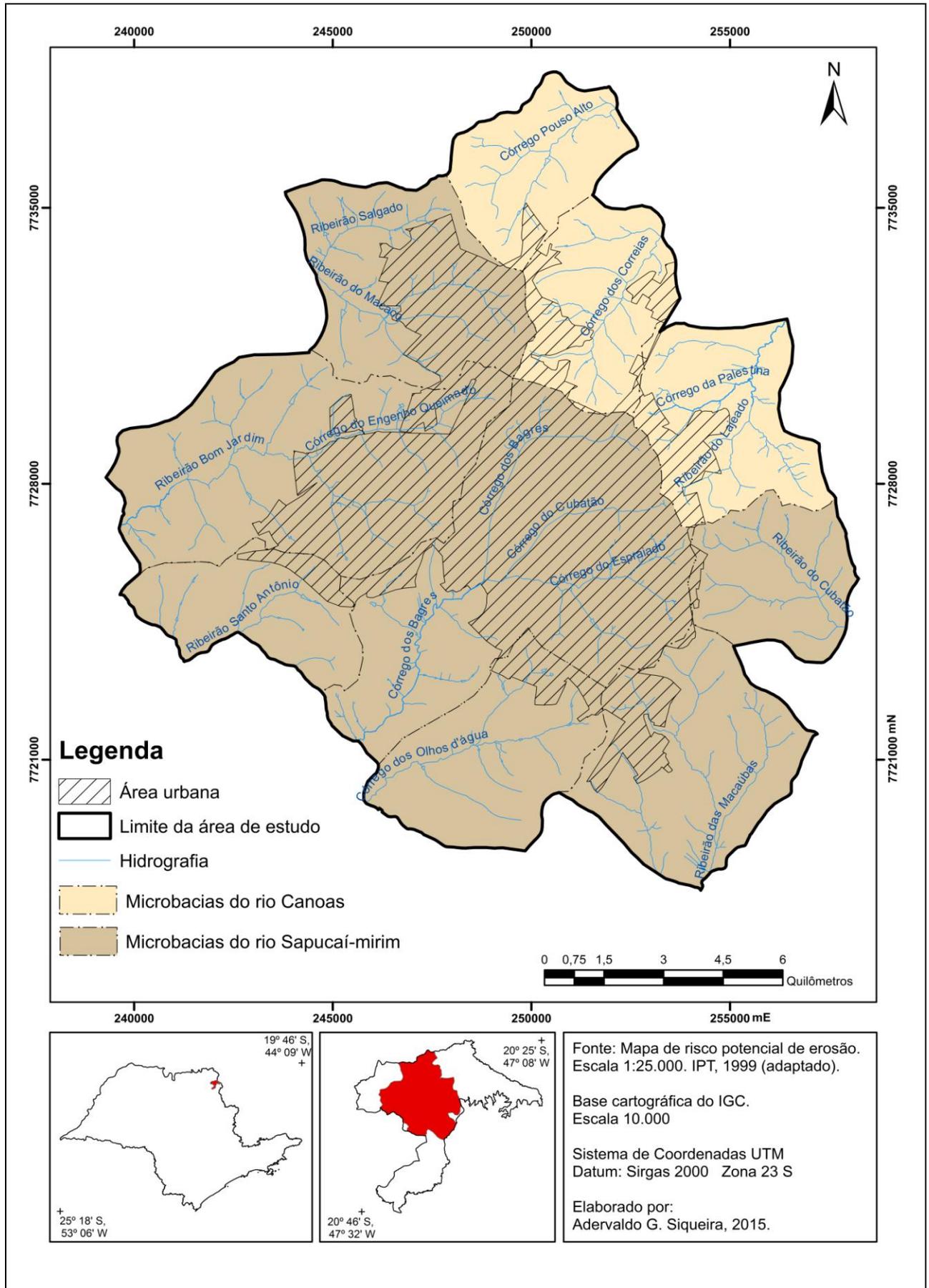


Figura 11 – Hidrografia da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

Fazendo uma descrição de maior detalhamento da rede hidrográfica, o IPT (1999) afirma que do Planalto de Franca, que funciona como divisor de águas, parte dos córregos que correm para o Sul são afluentes do rio Sapucaí-mirim e aqueles que correm para o norte são os afluentes do rio Canoas. Segue, abaixo, uma relação dos cursos d'água que fluem para ambas as bacias, verificadas também na figura 11.

Afluentes da bacia hidrográfica do rio Sapucaí-mirim:

- a) Ribeirão dos Bagres (inclui as microbacias dos córregos Cubatão e Espraiado);
- b) Ribeirão das Macaúbas;
- c) Ribeirão Cubatão;
- d) Ribeirão do Salgado;
- e) Ribeirão Bom Jardim;
- f) Ribeirão Santo Antônio.
- g) Córrego dos Olhos d'água.

Afluentes da bacia do rio Canoas:

- a) Ribeirão do Lajeado;
- b) Córrego dos Correias;
- c) Córrego Pouso Alto.

#### 4.6 Uso da terra

A ocupação e o desenvolvimento econômico da região de Franca se caracterizam no processo de ocupação e expansão da região de Ribeirão Preto. Primeiramente sua ocupação ocorreu em consequência da decadência da atividade de mineração no Estado de Minas Gerais, e a vinda de pecuaristas em busca de novas oportunidades no planalto paulista. Também foi pouso dos tropeiros e bandeirantes, que se deslocavam em direção às minas de ouro de Goiás. Formados inicialmente a partir dos caminhos abertos pelos bandeirantes, esses pousos eram transformados, com o decorrer do tempo, em povoados (CHIACHIRI FILHO, 1986).

O desenvolvimento da região teve como base as atividades agropecuárias, criação de gado e produção de açúcar, no século XVIII e, posteriormente com a cultura do café, no século XIX.

O cultivo do café exerceu grande influência no crescimento demográfico e econômico da região. Por outro lado, provocou também os impactos ambientais decorrentes, como a degradação do solo e os processos erosivos, desencadeados pelo abandono das terras que se

tornavam improdutivas gerando, conseqüentemente, impactos nos recursos hídricos (IPT, 1999).

Para melhor analisar o caminho percorrido pelo café no território paulista, Milliet (1946)<sup>7</sup> dividiu-o em sete zonas. Destas, o município de Franca está compreendido na denominada zona Mogiana, que correspondia aos municípios tributários da Companhia Mogiana de Estradas de Ferro.

O cultivo do café chegou à zona Mogiana antes dos meios de transporte. A sua produção começou a se destacar a partir de 1886, atingindo seu auge na década de 1920. A tabela 3 demonstra a produção de café na zona Mogiana e o crescimento da população, além da intensificação da derrubada da cobertura vegetal no Estado de São Paulo nesses períodos.

**Tabela 3** - Produção do café, crescimento populacional e cobertura vegetal na Zona Mogiana.

Anos	Zona Mogiana		Cobertura vegetal no Estado de São Paulo (%)
	População (habitantes)	Produção de café (arrobas)	
1836	20.341	821	81,8
1854	51.265	81.750	79,7
1886	163.831	2.262.599	70,5
1920	811.974	7.852.020	44,8
1935	845.442	8.521.076	26,2

Fonte: MILLIET (1946) e VICTOR (1975), apud IPT (1999).

Ao comparar a produção de café e o crescimento populacional na tabela 4, pode-se observar que há uma relação direta entre essas variáveis. Conforme cresce a produção cafeeira, aumenta também a população.

**Tabela 4** - Comparação entre produção do café e crescimento populacional.

Município	Produção de café (arrobas)				População (habitantes)			
	1854	1886	1920	1935	1854	1886	1920	1935
Franca	-	60.000	430.827	674.384	2.961	10.040	44.308	60.237

Fonte: MILLIET (1946), apud IPT (1999).

Com o avanço da produção de café, instalava-se a rede de ferrovias a serviço dos fazendeiros, o que possibilitou o progresso das zonas cafeeiras, o desenvolvimento da região e a estruturação da rede urbana (CHIACHIRI FILHO, 1986).

<sup>7</sup> Apud IPT (1999).

A crise de 1929 provocou o declínio no desenvolvimento da região, o que resultou na divisão das grandes fazendas em pequenas e médias propriedades, na substituição de culturas e no deslocamento da população rural (IPT, 1999).

Apesar da crise, nesta região não houve o abandono das terras após a decadência do café, mas sim a substituição por novos cultivos, como por exemplo a citricultura e o algodão. De acordo com Semeghini (1992)<sup>8</sup>, a retomada do crescimento na região, a partir de 1950, resultou principalmente das seguintes ações:

- a) expansão da cultura canavieira;
- b) modernização agrícola (uso de fertilizantes, tratores) favorecida pela política de importações;
- c) as políticas do instituto do Açúcar e do Álcool para a cana-de-açúcar e álcool;
- d) incentivo às atividades de exportação, trazendo benefícios para a produção da laranja, da soja e a expansão da pecuária de corte e leite.

Com relação à distribuição industrial, a região de Franca está inserida na Região do Interior I, na região Ribeirão Preto. Esta região destaca-se no pela concentração de indústrias alimentares, couros e peles, vestuário, calçados e bebidas. Os ramos de couro e peles, vestuário, calçados, bebidas, madeira e borracha, ocupam entre a 2ª e 20ª posição na economia do Estado, considerando-se o pessoal ocupado na indústria (IPT, 1999).

**Tabela 5** - Ramos industriais e principais municípios produtores da região de Franca, quanto ao pessoal ocupado.

Ramo Industrial	Município	Classificação entre os municípios de destaque no Estado
Minerais não-metálicos	Franca	111
	Igarapava	112
Metalúrgica	Batatais	57
Mecânica	Franca	48
	Batatais	55
Madeira	<u>Franca</u>	19
Papel e papelão	Franca	52
Produtos alimentares	Igarapava	43

<sup>8</sup> Apud IPT (1999).

Ramo Industrial	Município	Classificação entre os municípios de destaque no Estado
	São Joaquim da Barra	126
Borracha	Franca	7
Couro, peles e similares	Franca	2
	Patrocínio Paulista	20
	São Joaquim da Barra	37
Química	Guaira	40
	Guará	65
	Franca	67
<u>Bebidas</u>	São Joaquim da Barra	4
	Guaira	32
	Batatais	112
Editorial e gráfica	Franca	18
Extração de tratamento de minerais	Franca	82
Produtos de matérias plásticas	Franca	58
Vestuário, calçados e artefatos de tecidos	Franca	2
	São Joaquim da Barra	63
Diversas (brinquedos, musical, fotografia, etc.)	Franca	37
	Guaira	70

Fonte: ASSIS et al. (1992) apud IPT (1999).

É importante destacar que, conforme ocorreu a expansão da agricultura, da pecuária, da urbanização e da industrialização, a vegetação nativa foi sendo, gradativamente, devastada. Pertencente a uma zona de transição entre os biomas cerrado e mata atlântica, a região possui hoje poucos fragmentos florestais que preservam as matas nativas, salvo resquícios na bacia hidrográfica do rio Canoas, amparado por legislação municipal, considerando a importância desta bacia para o abastecimento urbano de Franca e municípios vizinhos.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

Para a efetivação desta pesquisa, serão apresentados o material e a metodologia para a realização do levantamento e análise das situações ambientais encontradas em Franca, com base na proposta de Ross (1994).

### 5.1 Material

Tendo em vista a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, o material utilizado para alcançar os objetivos propostos foi:

- Cartas topográficas na escala de 1:10.000, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) (1992);
- Mapa geológico e pedológico, na escala de 1:25.000, obtidos através dos anexos do Parecer Técnico do IPT nº 7149/1999 – Subsídios técnicos para um plano de controle preventivo e corretivo de erosão para a área urbana do município de Franca, SP, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Franca;
- Imagens do satélite Pleiades ortorretificadas, com resolução espacial de 0,5 metro, mosaico referente ao período de abril a setembro de 2013, adquiridas junto ao Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí-Mirim e Grande;
- Mapa geomorfológico do estado de São Paulo (IPT, 1981), na escala de 1:250.000;
- Informações georreferenciadas da localização das voçorocas, ravinas e solapamentos, também obtidos através dos anexos do Parecer Técnico do IPT nº 7149/1999, e atualizadas através das imagens de satélite de 2013;
- Dados históricos de precipitação e temperatura do município de Franca, referentes ao período 1961-1990, encontradas no banco de dados do INMET;
- Softwares AutoCAD Map 3D, da AutoDesk; e, Spring 5.2.6, do INPE, para a fase de pré-processamento dos dados, e o ArcGIS 10, da ESRI, para a realização do geoprocessamento.

Com base neste material, foram criados outros produtos cartográficos, como carta clinográfica ou de declividade, mapa das formas das vertentes (côncavas/ convexas), mapa de localização dos processos erosivos (voçorocas e ravinas). Através das imagens de satélite, foi elaborado o mapa de uso da terra; também foi realizado um recorte do mapa de uso sobre as APP (nascentes e cursos d'água). Estes foram os documentos utilizados para a construção do mapa de fragilidade ambiental e para a realização das análises espaciais.

## 5.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos utilizados em análise ambiental, de uma maneira geral, se enquadram em duas grandes classes: análises pontuais ou estudos baseados em áreas (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). No primeiro caso, cada localização geográfica em análise é considerada de forma independente dos vizinhos, não considerando os relacionamentos espaciais de vizinhança e entorno. E no caso da classe de estudos baseados em áreas, abordada neste trabalho, existe uma partição do espaço geográfico, definido em função da escala de trabalho e do objeto de estudo.

A metodologia de Análise Multicritério, diante dos objetivos traçados para este trabalho, se apresenta como uma alternativa, tendo em vista as possibilidades oferecidas. Para a sua execução, Moura (2006) considera duas etapas:

A primeira etapa, cujo objetivo é caracterizar a realidade, promove espacialização das informações, cálculo de suas extensões territoriais de ocorrências, identifica as alterações espaciais ao longo do tempo e verifica as combinações de variáveis que caracterizam determinado fenômeno espacial (MOURA, 2006, p. 2905).

Na segunda etapa proposta por Moura (2006), é possível proceder à análise de adequações e/ou inadequações ambientais, como por exemplo apontar os conflitos no uso da terra, criando subsídios para a gestão e para o planejamento urbano.

Descrevendo a primeira etapa da metodologia de Análise Multicritério, em todas as variáveis espacializadas (pedologia, declividade, uso da terra), cada plano de informação recebe um peso em porcentagem, sendo que o conjunto dos PIs totaliza 100%. E os componentes da legenda (classes) de cada plano de informação também recebem cada um deles uma nota, de acordo com o grau de pertinência de sua participação no conjunto (MOURA, 2006).

Para elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental da área urbana e expansão urbana de Franca, seguiu-se a proposta de Ross (1994), que abrange os mapas de pedologia, declividade e uso da terra. Estas variáveis foram utilizadas considerando-se as características da área de estudo de ser composta predominantemente por ambientes alterados pela ação humana (área urbana, cultivos agrícolas, etc.).

Para a variável pedologia, foi utilizado o mapa de risco potencial de erosão, anexo ao Parecer Técnico nº 7149 (IPT, 1999), na escala de 1:25.000. Este mapa foi fornecido pela Prefeitura municipal em formato *dwg*, compatível com o *software* AutoCAD Map. Utilizando o *software* ArcGIS, através do ArcCatalog os dados foram convertidos para o formato *shapefile* (*shp*), do ArcGIS e, como os vetores encontravam-se em formato de linha, foram

editados e convertidos em polígonos através da ferramenta *feature to polygon*. Em seguida, os dados que tinham como referência espacial o sistema de coordenadas projetadas UTM, *datum* Córrego Alegre, foram transformados para o *datum* SIRGAS 2000, que a partir de fevereiro de 2015, passou a ser o *datum* oficial brasileiro<sup>9</sup>. Na tabela de atributos do arquivo shp, foi criado um campo denominado *classes*, no qual cada polígono foi associado à classe de solo a que pertence, adaptado à nova nomenclatura de solos. E, por fim, através da ferramenta *feature to raster*, o arquivo foi convertido em formato matricial, para que pudesse ser realizada a análise multicritérios.

Quanto a variável declividade, esta também foi elaborada no *software* ArcGIS, a partir da vetorização dos elementos obtidos das cartas topográficas (curvas de nível, pontos cotados e hidrografia) pertencentes à base cartográfica do IGC, na escala de 1:10.000. Na tabela de atributos arquivo de *polyline* criado para vetorização das curvas de nível, assim como no arquivo de *point* criado para a vetorização dos pontos cotados, foi adicionado um campo para inserção do atributo elevação (Z). Depois da vetorização, os dados foram também transformados para o *datum* SIRGAS 2000 e, em seguida, utilizados para gerar a malha triangular ou *Triangular Irregular Network* (TIN) em estrutura vetorial através da ferramenta *create TIN*, para se criar o Modelo Digital do Terreno (MDT). Então, o TIN foi convertido em dados matriciais pela ferramenta *TIN to raster*. Em seguida, procedeu-se a construção do mapa de declividade, com base no TIN em formato matricial, através da ferramenta *slope*.

Na elaboração da carta clinográfica, para o estabelecimento das classes de declividade, considerando as características da área de estudo, seguiu-se o proposto por Ross (1994), uma hierarquização em cinco categorias, de acordo com o abaixo descrito:

- 1 – Muito Fraco: < 6%
- 2 – Fraco: 6,1 a 12%
- 3 – Médio: 12,1 a 20%
- 4 – Forte: 20,1 a 30%
- 5 – Muito Forte: > 30%

E, por fim, para a elaboração do mapa de uso da terra, realizou-se a espacialização das informações através dos dados presentes nas imagens de satélite, adotando-se o método de classificação digital de imagens.

---

<sup>9</sup> Esta mudança foi estabelecida pela Resolução do Presidente do IBGE nº 01, de 25/02/2005, que fixou prazo máximo de dez anos para o estabelecimento do novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN), o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS 2000).

As imagens foram fornecidas com os passos de georreferenciamento, ortorretificação, fusão e mosaicagem já realizados. A fusão de imagens é um método realizado que reúne as características de resolução espacial da imagem pancromática, visualizada em níveis de cinza, que é de 0,5 metro, com as características de resolução das imagens multiespectrais, que é de 2 metros, resultando em uma imagem colorida de melhor qualidade, ou seja, de alta resolução espacial. Como as imagens mosaicadas cobriam todo o município de Franca, foi realizado um recorte com o polígono de limite da área de estudo.

As imagens utilizadas na classificação, cenas do satélite Pleiades (figura 12), apresentam as características descritas na tabela 6.

**Tabela 6** – Bandas espectrais das imagens do satélite Pleiades, e a respectiva resolução espacial.

Bandas espectrais	Resolução espacial
Pancromática (0,47 a 0,83 $\mu$ m)	0,5m
Azul (0,43 a 0,55 $\mu$ m)	2m
Verde (0,50 a 0,71 $\mu$ m)	2m
Vermelho (0,59 a 0,71 $\mu$ m)	2m
Infravermelho (0,74 a 0,94 $\mu$ m)	2m

Na classificação das imagens, foi utilizado o classificador digital MAXVER-ICM contido no *software* SPRING, com limiar de aceitação de 99%. A análise das amostras apresentou os seguintes parâmetros: desempenho médio de 92,73%, abstenção média de 1,1% e confusão média de 6,17%. A etapa de pós-classificação foi realizada, mas as modificações realizadas foram mínimas. Em seguida, o arquivo matricial gerado na classificação foi exportado e inserido no ambiente ArcGIS. Como tinha referência espacial o sistema de coordenadas projetadas UTM e o *datum* WGS 84, foi reprojetado para o *datum* SIRGAS 2000.

Considerando as características da área de estudo, para a realização da análise multicritérios na elaboração do mapa de fragilidades ambientais emergentes, seguiu-se o descrito na tabela 7. A influência de cada variável e o peso de cada classe foram inseridas na ferramenta *weighted overlay* do *software* ArcGIS.

Outro cenário foi testado, com influência de 40% da variável uso da terra, 30% para declividade e 30% para pedologia. No entanto, essa possibilidade foi descartada por apresentar incompatibilidades relacionadas à baixa representatividade das áreas de alta fragilidade ambiental, verificadas através de trabalho de campo.

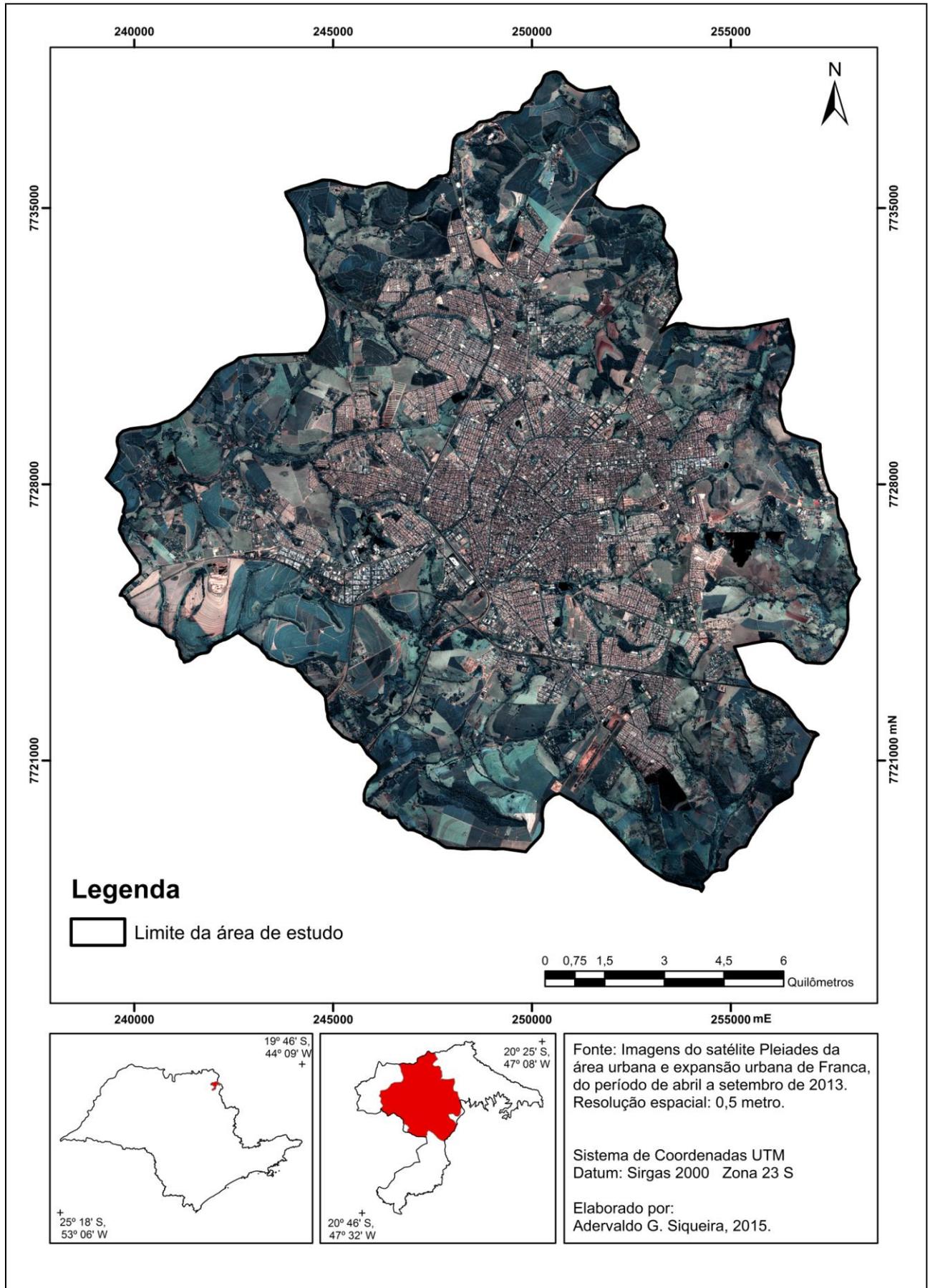


Figura 12 – Imagem utilizada para elaboração do mapa de uso da terra.

Para integração dos dados e cruzamento de informações, procedeu-se a atualização do arquivo de localização dos processos erosivos, que foram vetorizados com base na interpretação visual das imagens de satélite. Esse procedimento se fez necessário, pois algumas voçorocas foram recuperadas entre os anos de 1999 e 2013.

Também foi realizada uma análise com operador de distância (*buffer*) a partir das nascentes e dos cursos d'água para verificar possíveis conflitos no uso da terra das APP. Considerando que a largura dos cursos d'água na área de estudo não é superior a 10 metros, o *buffer* delimitando as APP foi traçado com as seguintes dimensões mínimas: 30 metros nas faixas marginais dos cursos d'água e 50 metros de raio no entorno das nascentes, de acordo com o artigo 4º da lei nº 12.651/2012 (Código Florestal). A partir deste procedimento, foram geradas linhas que foram convertidas em polígonos de delimitação das APP hídricas, a partir dos quais foi feito um recorte no mapa de uso da terra. Com esse procedimento, foi possível realizar uma análise mais pormenorizada nas faixas de APP, além de facilitar a quantificação das APP onde o uso da terra está adequado ou não, ou seja, onde há proteção pela cobertura vegetal ou o ambiente foi modificado pela ação antrópica.

**Tabela 7** - Variáveis utilizadas no mapa de fragilidades ambientais emergentes, suas respectivas classes e pesos.

VARIÁVEL	CLASSE	PESO
DECLIVIDADE (influência de 40%)	0 a 6%	1
	6,1 a 12%	2
	12,1 a 20%	3
	20,1 a 30%	4
	> 30%	5
PEDOLOGIA (influência de 30%)	Latossolo Vermelho	2
	Latossolo Vermelho-amarelo	3
	Neossolo Litólico	4
	Neossolo Quartzarênico	5
	Gleissolo Háptico	5
USO DA TERRA (influência de 30%)	Corpo d'água	0
	Mata	0
	Silvicultura	1
	Cafê	2
	Área predominantemente rural	3
	Área urbana	3
	Cana	4
	Pastagem	4
	Solo exposto	5

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a organização, edição e produção dos mapas, chegou-se aos resultados que estão apresentados neste capítulo, seguidos das respectivas análises.

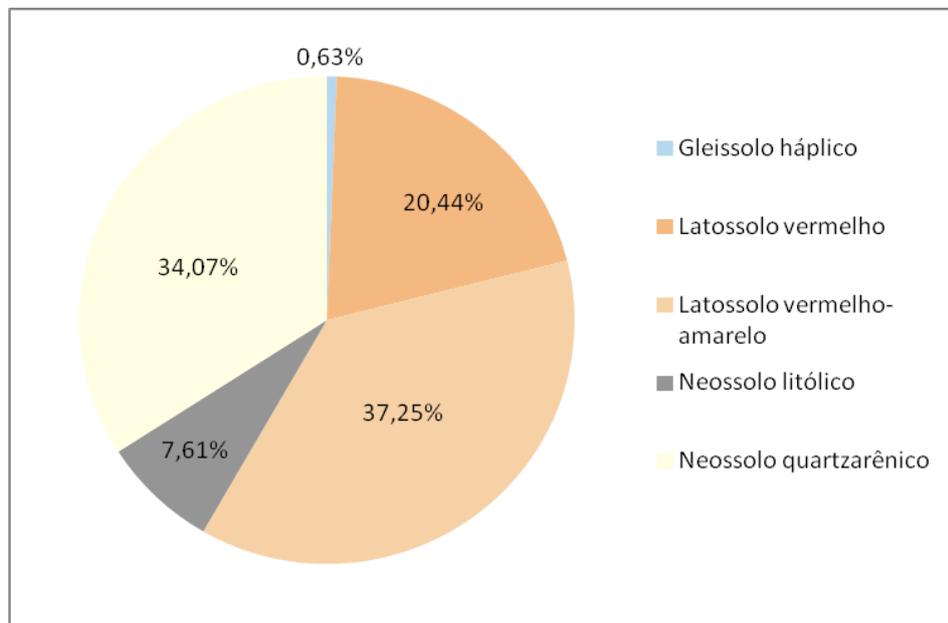
Considerando as mudanças na nomenclatura estabelecidas pelo novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, as classes de solo verificadas no mapa pedológico passaram pela adaptação descrita no quadro 1.

**Quadro 1** – Correspondência da nomenclatura entre a classificação antiga e a nova classificação de solos

Classificação antiga	Classificação nova
Latossolo Roxo	Latossolo Vermelho
Latossolo Vermelho-amarelo	Latossolo Vermelho-amarelo
Solo Litólico	Neossolo Litólico
Areias Quartzosas	Neossolo Quartzarênico
Solo Hidromórfico	Gleissolo Háptico

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2013.

O mapa pedológico da área de estudo está ilustrado na figura 14, e a representatividade das classes de solo em porcentagem e em área coberta pode ser verificada na figura 13 e na tabela 8.



**Figura 13** – Classes de solo, em porcentagem da área total.

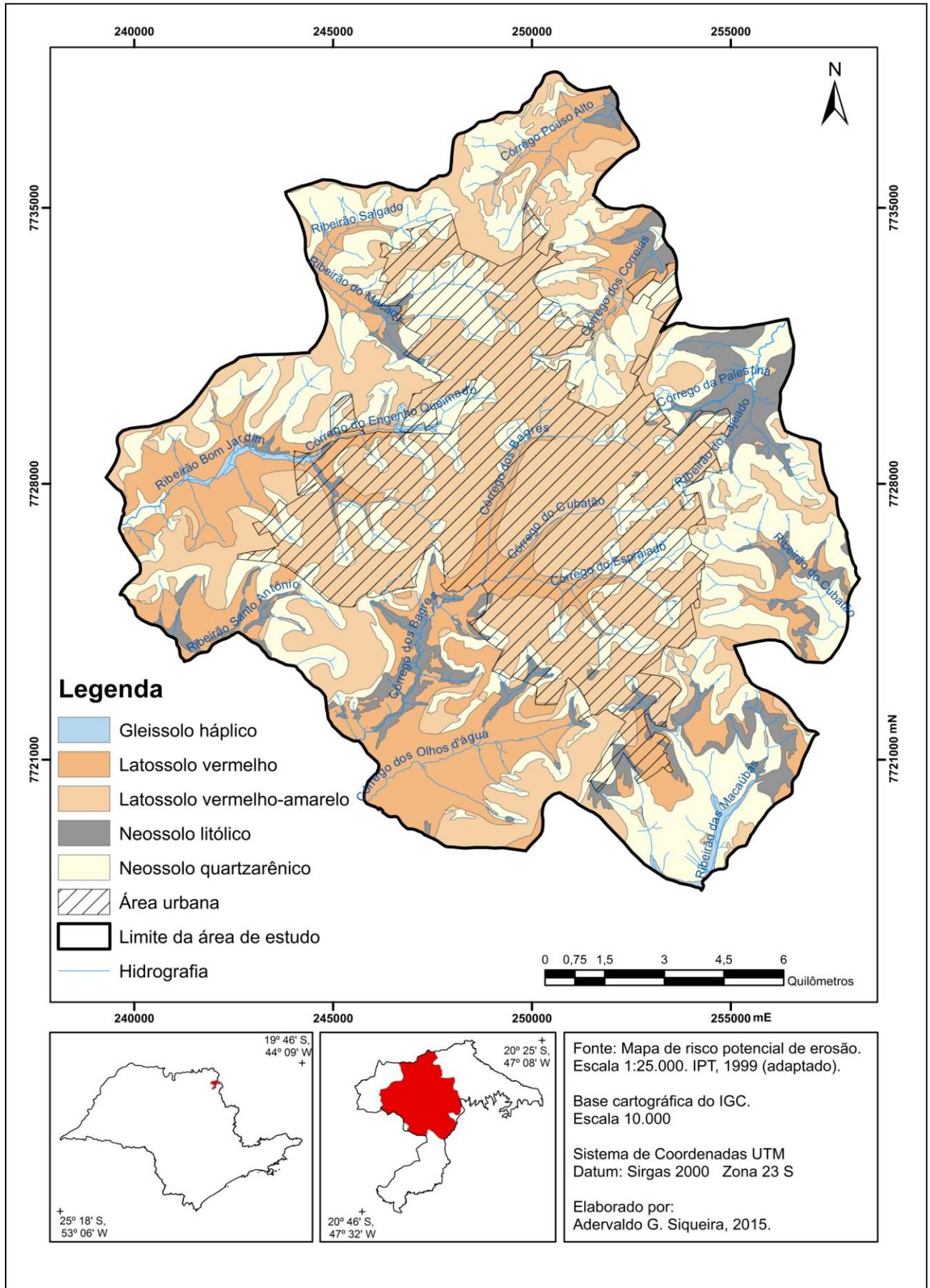
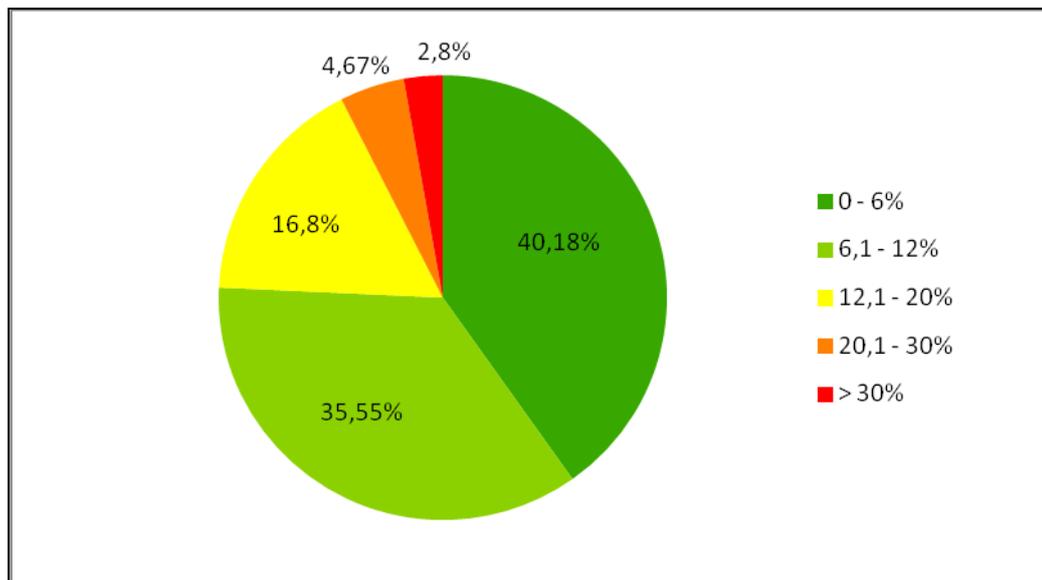


Figura 14 – Mapa pedológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

**Tabela 8** – Classes de solo, em área ocupada.

CLASSE DE SOLO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
Gleissolo Háptico	1,44
Latossolo Vermelho	47,11
Latossolo Vermelho-amarelo	85,86
Neossolo Litólico	17,53
Neossolo Quartzarênico	78,53

Quanto à variável declividade, os resultados podem ser visualizados na figura 15, que denota a representatividade das classes de declividade verificadas na área de estudo, enquanto que a tabela 9 evidencia a área ocupada por estas classes. A partir do TIN (figura 16) procedeu-se a elaboração da carta de declividade, ilustrada na figura 17.

**Figura 15** – Classes de declividade, em porcentagem da área total.**Tabela 9** – Classes de declividade, em área ocupada.

CLASSES DE DECLIVIDADE	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
0 a 6% (muito fraco)	92,43
6,1 a 12% (fraco)	81,77
12,1 a 20% (médio)	38,65
20,1 a 30% (forte)	10,74
> 30% (muito forte)	6,44

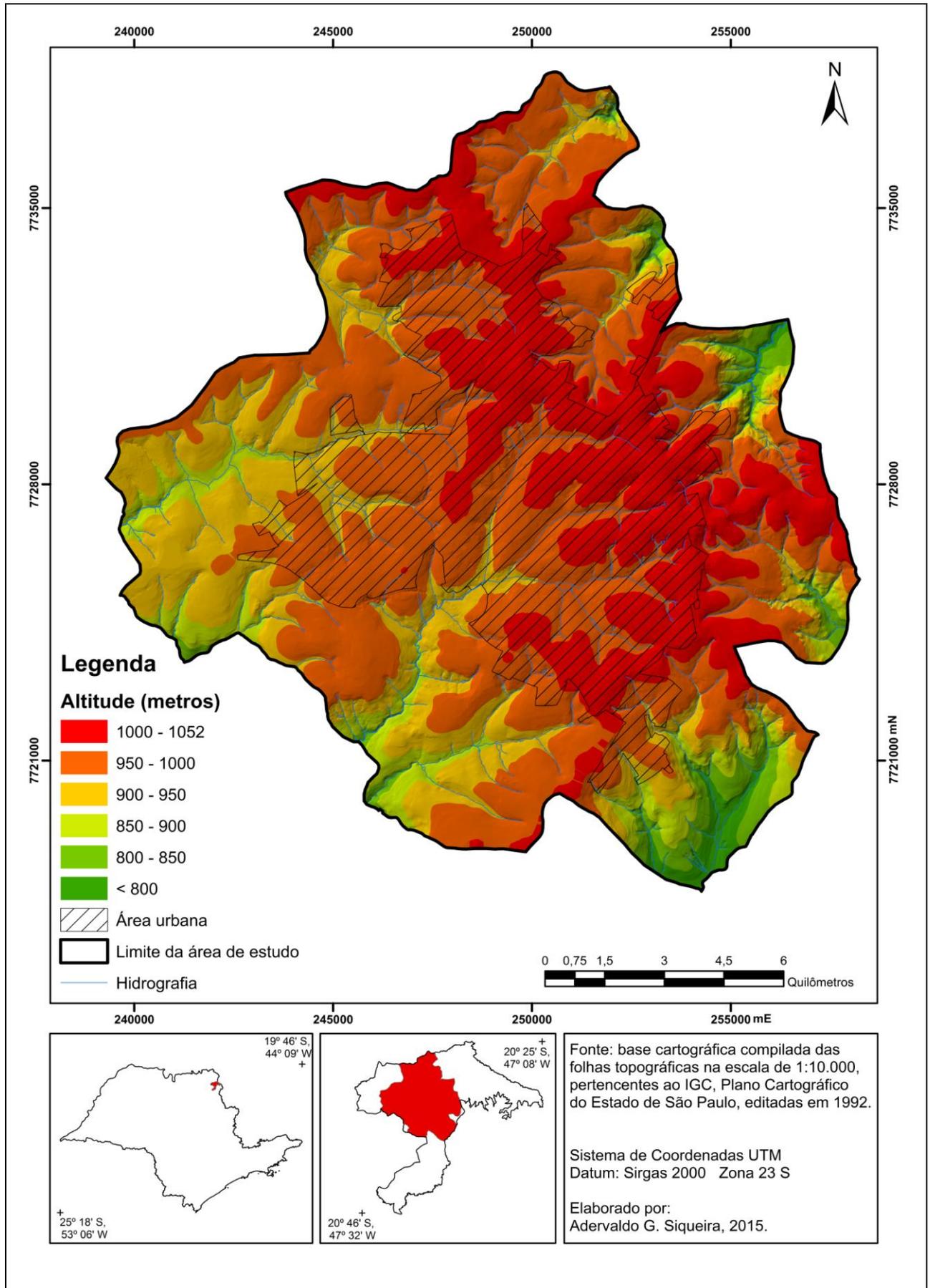


Figura 16 – Modelo Digital do Terreno da área urbana e expansão urbana de Franca.

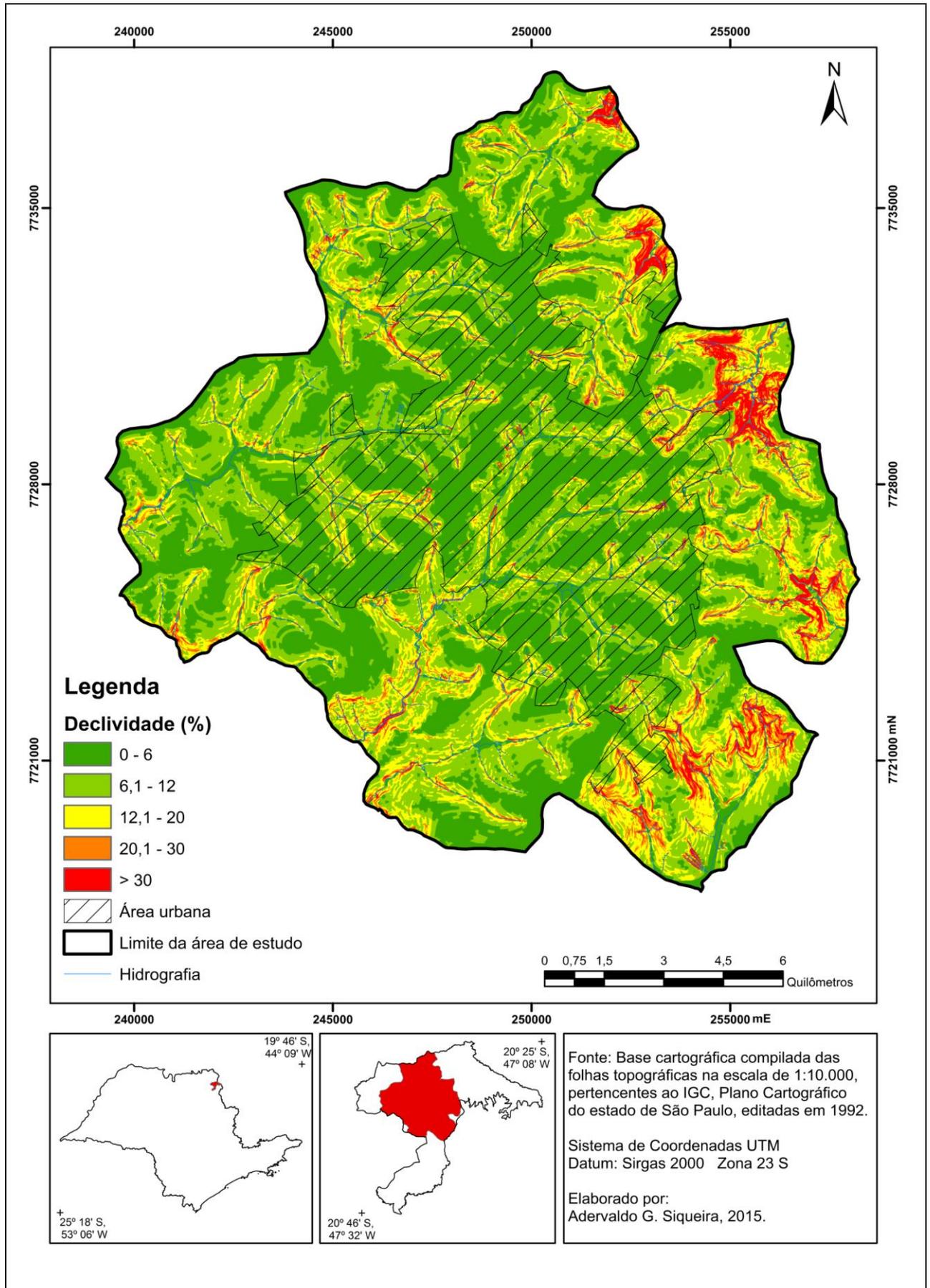


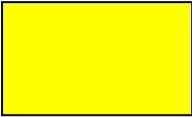
Figura 17 – Mapa de declividade da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

Para elaboração do mapa de uso da terra, foram estabelecidas as seguintes classes: área urbana, café, cana, silvicultura, pastagem, corpo d'água, mata, solo exposto e área predominantemente rural. Na classe área predominantemente rural estão inclusas áreas de edificações e outras benfeitorias, tais como terreirões de café, além de áreas verdes, como pomares, gramados, etc.

No quadro 2 é possível visualizar chaves de interpretação de cada classe de uso da terra e as respectivas cores utilizadas no mapa.

**Quadro 2** – Áreas amostrais da imagem Pleiades e as cores utilizadas no mapa final, por classe de uso da terra.

Chave de interpretação	Cor atribuída	Classe de uso da terra
		área urbana
		pastagem
		mata
		café

		cana
		uso predominantemente rural
		solo exposto
		silvicultura
		corpo d'água

Elaboração: Siqueira, 2015.

A representatividade das classes, em porcentagem, pode ser vista na figura 19 e, em área ocupada, na tabela 10. Os resultados obtidos na classificação de imagem estão ilustrados no mapa de uso da terra (figura 18).

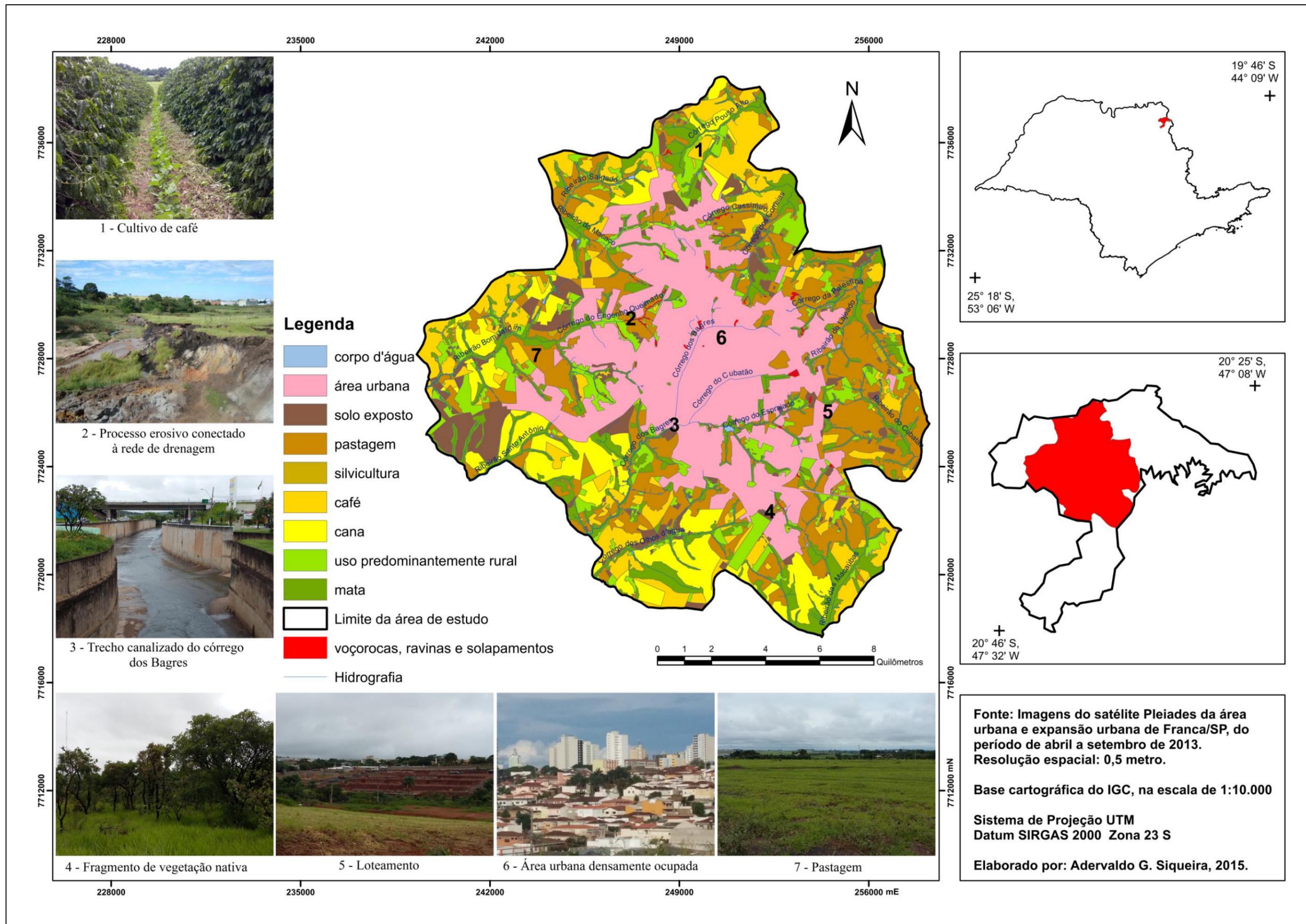
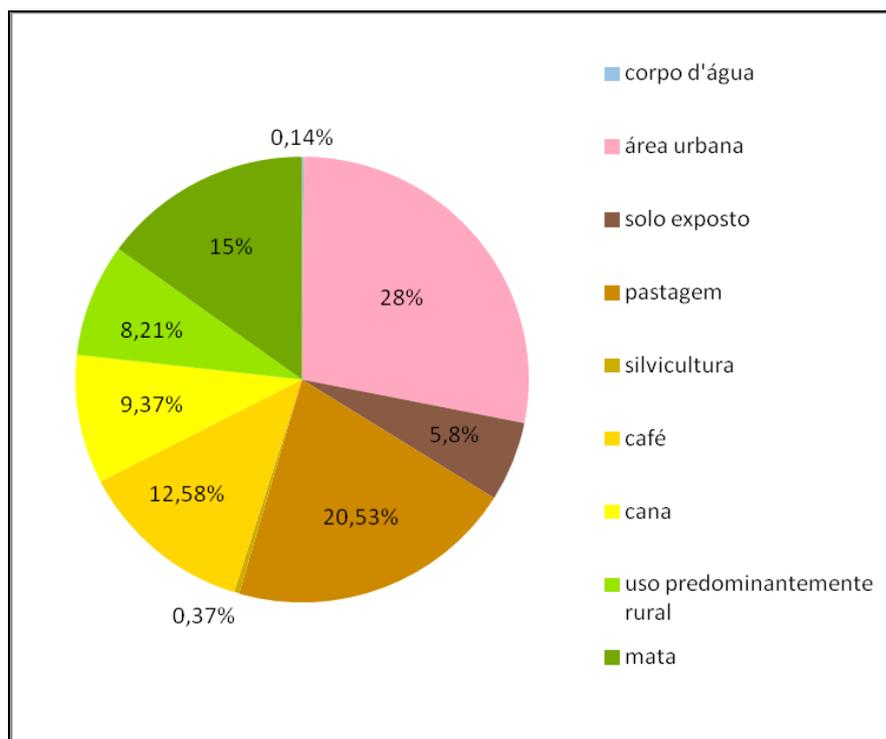


Figura 18 - Mapa de uso da terra da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

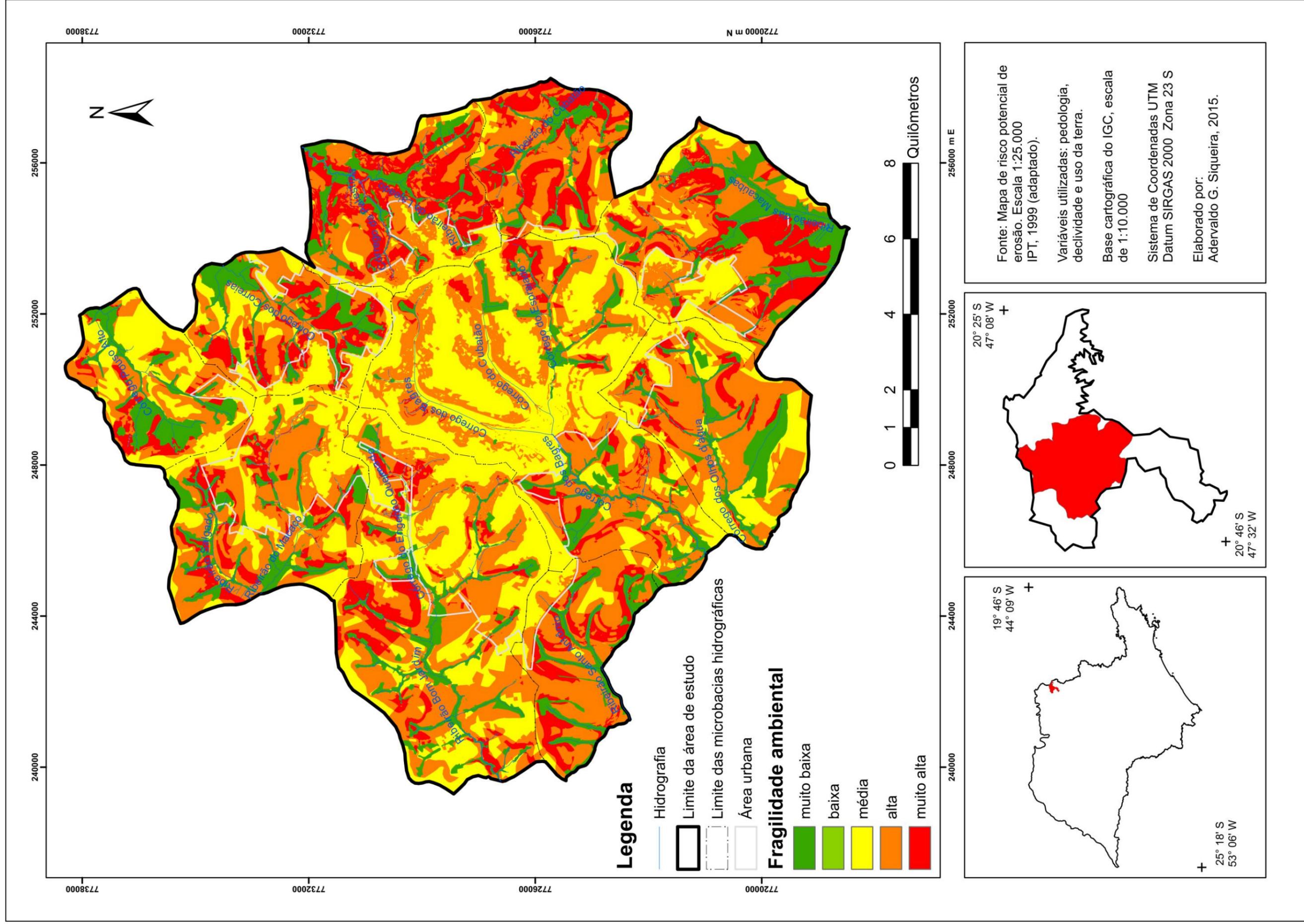


**Figura 19** – Classes de uso da terra, em porcentagem da área total.

**Tabela 10** – Classes de uso da terra, em área ocupada.

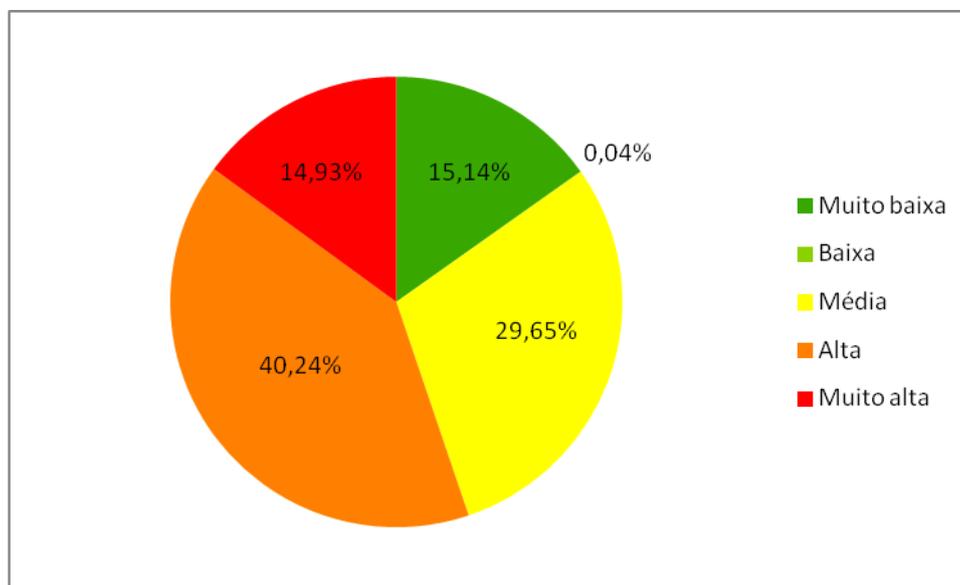
CLASSE DE USO DA TERRA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
Área urbana	64,5
Pastagem	47,26
Mata	34,5
Café	28,9
Cana	21,53
Uso predominantemente rural	18,89
Solo exposto	13,33
Silvicultura	0,84
Corpo d'água	0,31

A seguir, são apresentados os resultados obtidos no mapa de fragilidades ambientais emergentes, tendo sido utilizadas as variáveis pedologia, declividade e uso e ocupação do solo. O produto cartográfico resultante da análise multicritérios foi dividido em cinco classes de fragilidade, segundo Ross (1994): muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (figura 20).



**Figura 20** – Mapa de fragilidades ambientais emergentes da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

Para melhor compreensão da abrangência das classes de fragilidade ambiental, a figura 21 ilustra a representatividade de cada classe, e a tabela 11 demonstra a área ocupada por cada classe.



**Figura 21** – Classes de fragilidade ambiental emergente (%).

**Tabela 11** - Classes de fragilidade ambiental, em área ocupada.

CLASSE DE FRAGILIDADE	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
Muito baixa	34,82
Baixa	0,09
Média	68,19
Alta	92,56
Muito alta	34,35

Considerando-se que a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para planejamento e gestão, a análise do mapa de fragilidade ambiental foi realizada com ênfase nas microbacias. Com relação aos recursos hídricos, também a Lei nº 9433/1997 estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que tem como um dos principais objetivos o uso sustentável da água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997).

Nas áreas classificadas como muito baixa fragilidade ambiental, que representam 15% da área de estudo, verificou-se que se encontram nos fundos de vale e nas várzeas, somente onde a vegetação das APP está preservada. Nestas ocorrências, a declividade varia de 6 a 20%, alcançando valores superiores a 30% pontualmente nas microbacias do córrego Pouso Alto e do córrego dos Correias.

Percebeu-se algumas formas erosivas (ravinas e solapamentos) inseridas nas áreas de muito baixa fragilidade ambiental, todas elas localizadas no limite da área urbana, onde notadamente o processo erosivo se intensifica devido à erosividade das águas pluviais urbanas, originada pela retificação dos cursos d'água, bem como da pavimentação de suas margens e leito. Na microbacia do córrego do Engenho Queimado (afluente do ribeirão Bom Jardim), estas ocorrências se dão às margens da Rodovia Cândido Portinari, onde alguns cursos d'água foram canalizados sob a estrada.

Quanto à variável pedologia, as áreas de muito baixa fragilidade ambiental são constituídas de Neossolo Quartzarênico nos pontos de maior altitude, próximas das nascentes e dos cursos d'água de primeira ordem, e de Neossolo Litólico nas partes mais baixas do relevo, nas proximidades dos cursos d'água de terceira ordem ou superior. Essa característica foi notada principalmente nas microbacias do ribeirão do Lajeado e do córrego das Macaúbas, sendo que nas microbacias do ribeirão dos Correias, do ribeirão do Cubatão, córrego dos Bagres, ribeirão Santo Antônio, ribeirão do Salgado e córrego Pouso Alto percebe-se a intercalação de Latossolo Vermelho entre o Neossolo Quartzarênico e o Neossolo Litólico. Nos ribeirões Bom Jardim e Macaúbas percebe-se a ocorrência de Gleissolos Háplicos nos setores mais aplainados no relevo, onde raramente a declividade ultrapassa 6%, evidenciando o caráter hidromórfico destes solos.

Inseridas na área urbana, as áreas de baixa fragilidade ambiental são pontuais na microbacia do ribeirão do Macaco (afluente do ribeirão do Salgado), córrego do Espreado e ribeirão das Macaúbas, somente nos trechos onde as APP revelam certo grau de preservação.

Nas áreas classificadas como sendo de fragilidade baixa, foram verificadas ocorrências pontuais, representando somente 0,04% da área de estudo. Encontra-se em áreas compostas predominantemente de latossolo vermelho-amarelo, onde a declividade varia de 0 a 6%. A localização desta classe se dá nas microbacias do Córrego Pouso Alto, Ribeirão do Salgado e Ribeirão Bom Jardim, nas quais o uso da terra é marcado pela ocorrência de áreas predominantemente rurais, mas principalmente por áreas de silvicultura.

Nas áreas de média fragilidade ambiental, classe que representa quase 30% da área de estudo, são verificadas as seguintes características: ocupam predominantemente os setores mais elevados do planalto francano (interflúvios), onde as declividades são inferiores a 12%, característica verificada pontualmente nas microbacias do ribeirão das Macaúbas, ribeirão Bom Jardim e córrego dos Bagres, porém predominam as declividades inferiores a 6%. Somente na área urbanizada do córrego dos Bagres e córrego do Cubatão é que se verificam setores de média fragilidade localizados em fundo de vale.

Com relação à pedologia, a maior parte das áreas de média fragilidade ambiental é constituída de Latossolo Vermelho-amarelo, de média erodibilidade, sendo que localmente percebe-se a ocorrência de Latossolo Vermelho nas microbacias do córrego das Macaúbas, córrego Olhos d'água e córrego dos Bagres, onde a declividade do terreno apresenta maiores valores (entre 6,1 e 12%).

A área urbana toma grande parte da área de média fragilidade ambiental, aproveitando as melhores condições de baixa declividade, ideais para a urbanização. Na área de expansão urbana, esta unidade de média fragilidade é ocupada em sua maioria por cafezais, verificando-se também, em menor proporção, a ocorrência de áreas predominantemente rurais, ambos localizados principalmente em setores do relevo em que a declividade não é superior a 6%.

As áreas de alta fragilidade ambiental, que abrangem cerca de 40% da área de estudo, se encontram principalmente nas médias vertentes, onde as altitudes raramente são inferiores a 850 metros e superiores 950 metros. Nesta classe de fragilidade, a declividade do relevo predominante varia de 6,1 a 20%, sendo que são mais representativos os setores do relevo com declive inferior a 12%. Este é, inclusive, o fator preponderante para o enquadramento nessa classe de fragilidade.

A grande maioria das formas erosivas encontradas na microbacia do córrego dos Bagres (área urbana) se enquadra nas áreas de alta fragilidade ambiental. Na área de expansão urbana percebe-se que nesta classe de fragilidade encontram-se os cultivos temporários, principalmente cana de açúcar e pastagem, fator que denota o elevado grau de fragilidade. Na microbacia do córrego Santo Antônio, as áreas de solo exposto de muito baixa declividade, assim como nas microbacias do córrego Pouso Alto e córrego dos Correias, em que algumas áreas predominantemente rurais e cafezais cultivados em terrenos de média declividade também foram caracterizadas como áreas de alta fragilidade ambiental. Já na microbacia do ribeirão do Lajeado, principalmente em seu afluente córrego da Palestina, pontualmente percebem-se pastagens em áreas de baixa declividade, mesmo estando nas proximidades de vertentes muito íngremes.

Quanto à pedologia, os Latossolos Vermelho-amarelos situados na meia encosta são bastante representativos. Na área urbana esta característica é verificada principalmente na microbacia do córrego dos Bagres. Já nas microbacias do córrego da Palestina, do ribeirão das Macaúbas, do ribeirão Santo Antônio, do ribeirão do Cubatão e do ribeirão do Macaco (afluente do ribeirão do Salgado) há ocorrências pontuais de Neossolo Litólico e Quartzarênico, verificadas em declividades inferiores a 12%.

Por fim, nas áreas de muito alta fragilidade ambiental, que representam quase 15% da área de estudo, são observadas algumas características, tais como a predominância da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, principalmente nas cabeceiras de drenagem. Nas microbacias Ribeirão do Lajeado, principalmente em seu afluente córrego da Palestina, na microbacia do ribeirão do Cubatão, e em menor proporção na microbacia do córrego das Macaúbas, verifica-se a presença manchas de Neossolos Litólicos inseridas nesta unidade de fragilidade ambiental.

Quanto à declividade, nas áreas de muito alta fragilidade ambiental percebem-se declividades muito variadas: de baixa a média nas microbacias do ribeirão Bom Jardim e córrego dos Olhos d'água, e de média a muito alta nas microbacias do córrego da Palestina, ribeirão do Cubatão, ribeirão das Macaúbas e córrego do Lajeado.

O uso da terra verificado nas áreas de muito alta fragilidade ambiental é composto principalmente por áreas de solo exposto, majoritariamente, e de pastagem, duas classes que receberam pesos mais elevados (5 e 4, respectivamente) na fase de atribuição de valores às classes de uso da terra, extremamente importante na análise multicritérios. Nas microbacias do córrego dos Olhos d'água, do córrego dos Bagres e do ribeirão Santo Antônio, algumas áreas de canaviais também foram enquadradas nesta unidade de fragilidade ambiental.

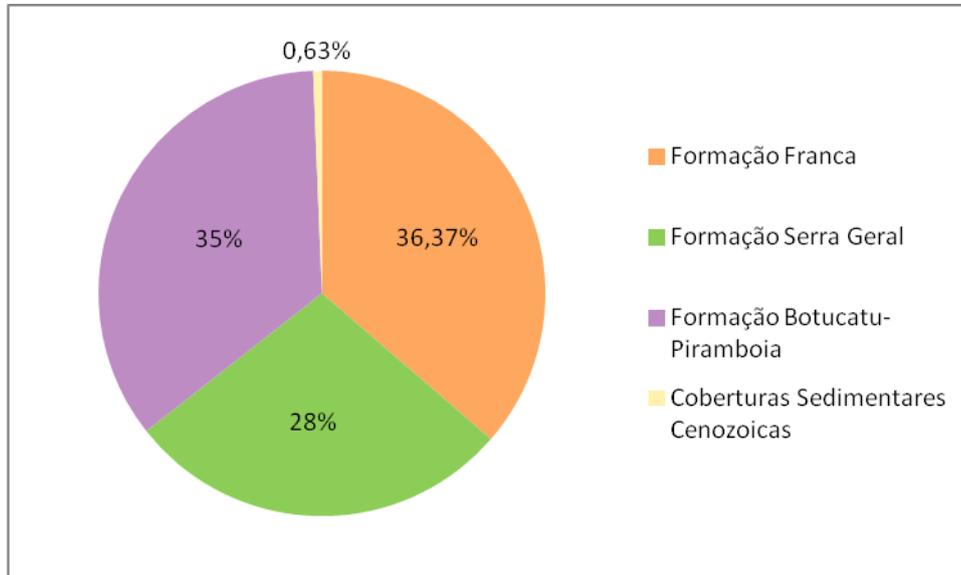
As áreas classificadas como de muito alta fragilidade ambiental demonstram que os resultados obtidos na análise multicritérios foram satisfatórios: das 42 formas erosivas mapeadas na área urbana e expansão urbana de Franca, 25 estão total ou parcialmente localizadas em áreas de muito alta fragilidade ambiental, o que atesta a precisão alcançada. É importante destacar que as informações georreferenciadas dos processos erosivos foram elaboradas pelo IPT (1999) e que muitas das voçorocas e ravinas têm sido recuperadas desde a década de 2000. Portanto, no período em que as cenas das imagens de satélite foram tomadas, entre abril e setembro de 2013, em algumas áreas o processo erosivo já não se encontrava mais ativo e o ambiente já atingiu certo nível de sucessão ecológica, o que influenciou a classificação de imagens e, conseqüentemente, a elaboração do mapa de uso da terra.

Por ser a pedologia uma variável que influenciou grandemente a análise multicritérios para a geração do mapa de fragilidades ambientais emergentes, torna-se indispensável associar as características do substrato geológico que, influenciado pelos aspectos climáticos, promoveu a gênese dos solos.

Nesta análise, foi utilizado o mapa geológico da área urbana e de expansão urbana de Franca, elaborado pelo IPT (1999), na escala de 1:25.000, onde foram verificadas a presença

das seguintes ocorrências geológicas: Formação Franca, Formação Serra Geral, Formação Botucatu-Piramboia e Coberturas Sedimentares Cenozoicas (figura 23).

A representatividade das ocorrências geológicas pode ser visualizada através da figura 22 e da tabela 12.



**Figura 22** – Classes geológicas, em porcentagem da área total.

**Tabela 12** - Classes de ocorrências geológicas, em área ocupada.

CLASSE DE OCORRÊNCIAS GEOLÓGICAS	ÁREA (Km <sup>2</sup> )
Formação Franca	84,3
Formação Botucatu-Piramboia	80,72
Formação Serra Geral	64,64
Coberturas Sedimentares Cenozoicas	1,44

Naturalmente, os arenitos da Formação Franca, que dão origem a Latossolos Vermelho-amarelos de textura média/arenosa são considerados de menor resistência aos agentes intempéricos. Porém, por estarem localizados em setores de maior altitude e de baixos gradientes de declividade, não se mostram tão suscetíveis aos processos erosivos e, nas áreas por eles ocupadas, percebeu-se que o resultado da análise multicritérios apontou para um ambiente de média fragilidade ambiental, predominantemente.

Por outro lado, quando o substrato geológico é formado por arenitos da Formação Botucatu-Piramboia, percebe-se a predominância de ambientes classificados como alta fragilidade ambiental e, em menor proporção, coincidindo com terrenos de declividade mais acentuada, ambientes classificados como de muito alta fragilidade ambiental. Destaca-se que a grande maioria dos processos erosivos localiza-se nesta unidade litológica.

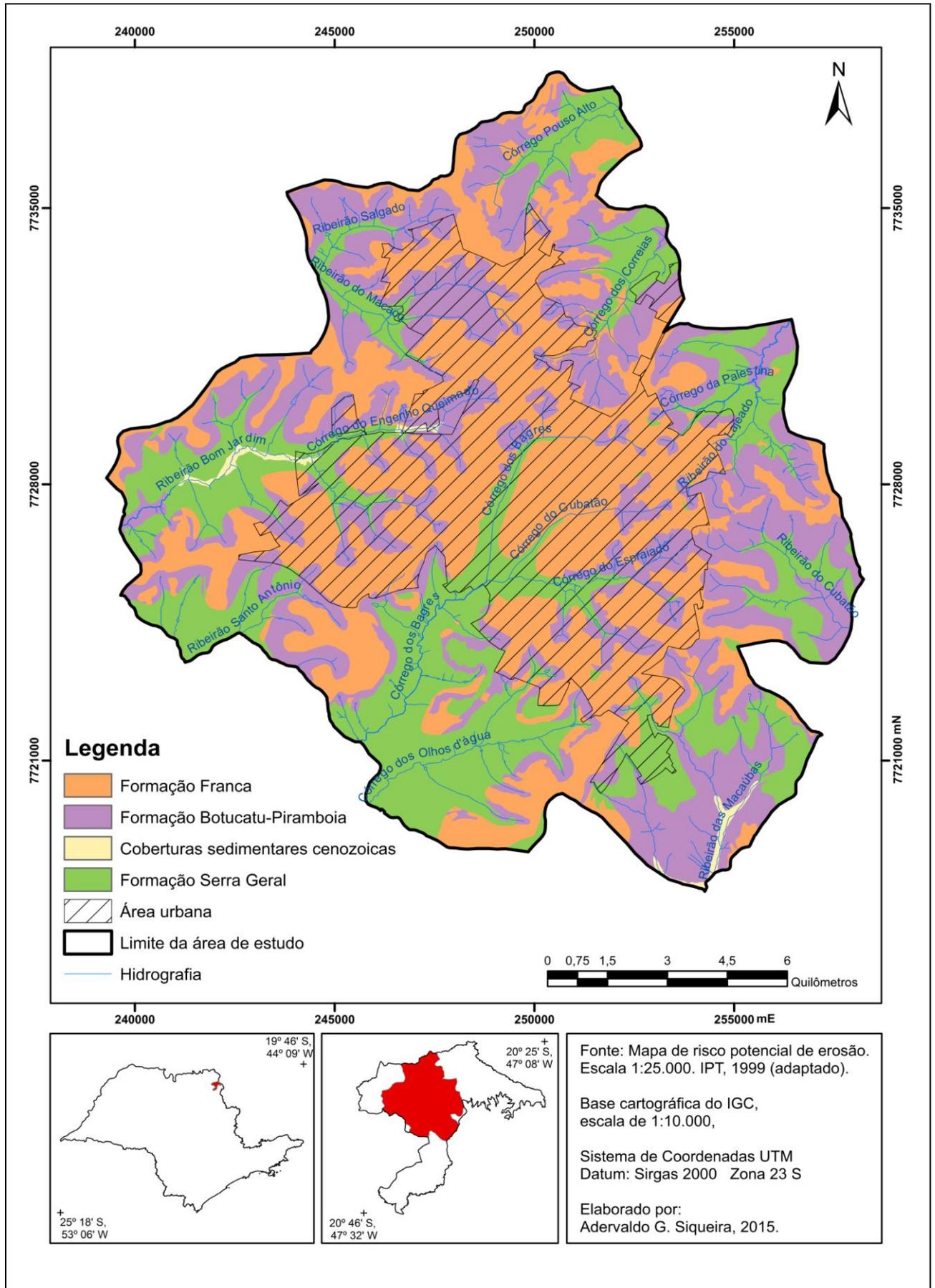


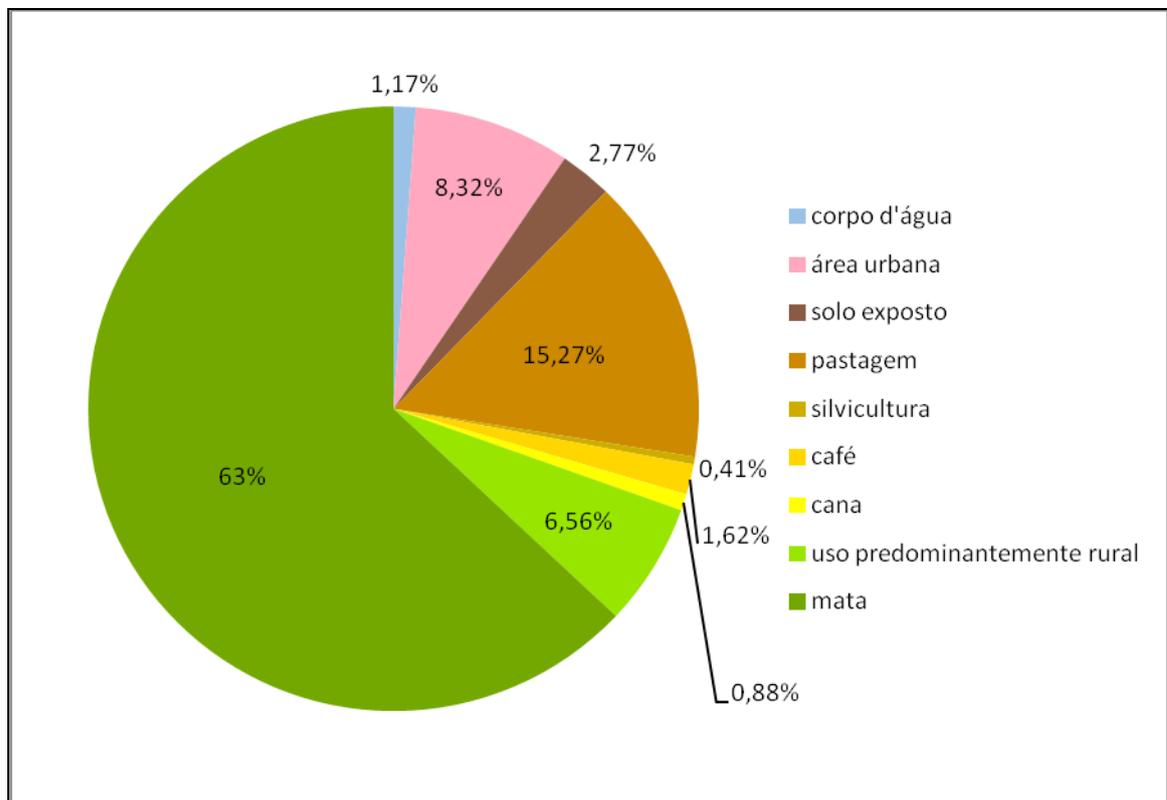
Figura 23 – Mapa geológico da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

Nos derrames basálticos da Formação Serra Geral verifica-se uma maior variedade de classes de fragilidade ambiental: quando associados a usos da terra incompatíveis e maiores declividades, o ambiente foi classificado como de alta fragilidade ambiental. No entanto, a maior parte das ocorrências desta litologia está inserida em áreas de média e muito baixa fragilidade ambiental, nas baixas vertentes de menor declive e nos fundos de vale.

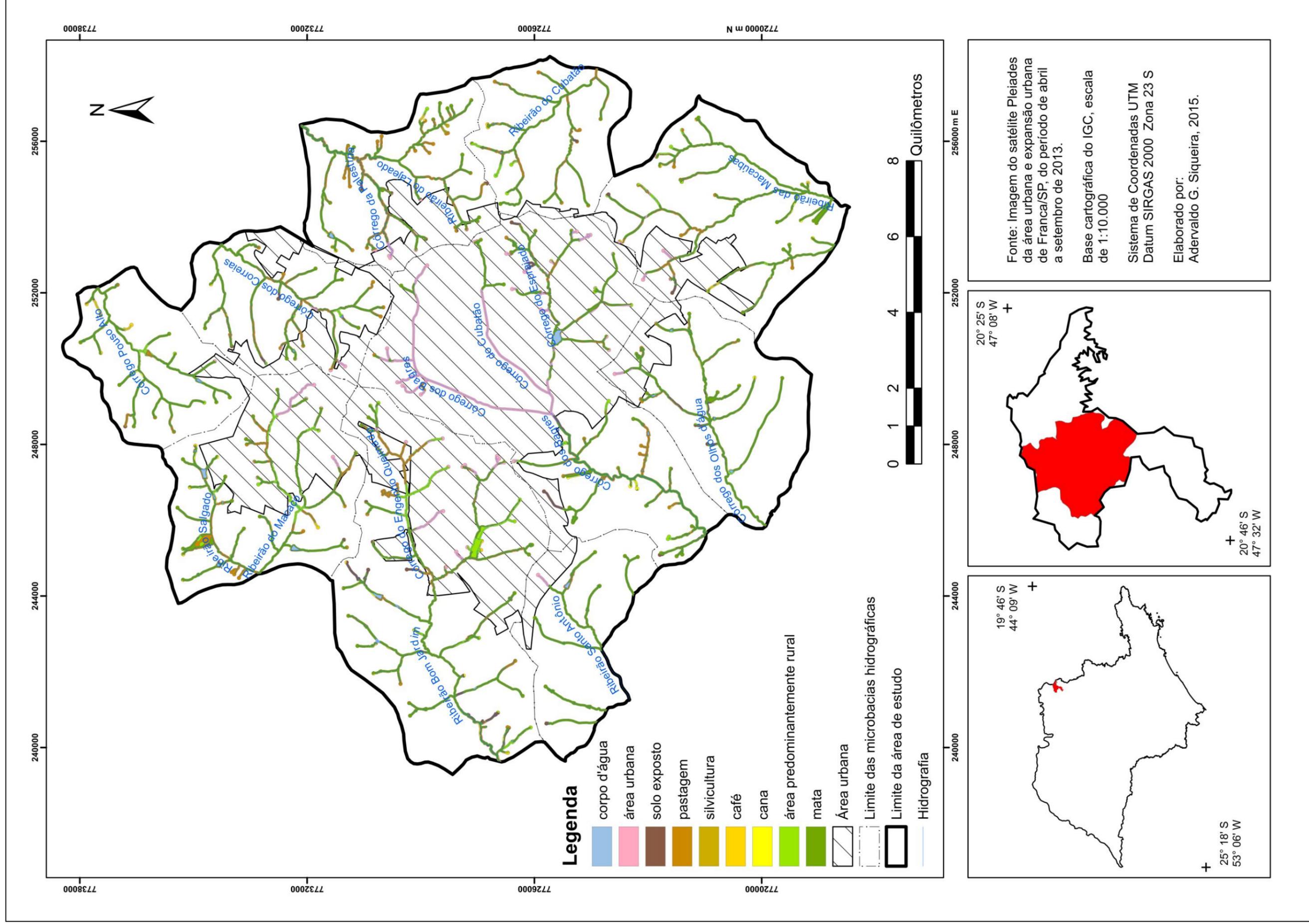
Quanto às coberturas sedimentares cenozoicas, por estarem situadas em setores de relevo aplainado ou de muito baixa declividade, as áreas por elas cobertas, em sua maioria foram classificadas como de muito baixa fragilidade ambiental, sendo que localmente observa-se a ocorrência de ambientes de baixa fragilidade ambiental emergente, certamente influenciados pelos usos da terra inadequados.

Analisando o uso da terra nas APP das nascentes e dos cursos d'água (figura 25), percebeu-se o seguinte: num contexto geral, as APP apresentam boas condições de conservação, com algumas exceções pontuais.

A figura 24 e a tabela 13 ilustram a representatividade das classes de uso da terra nas APP.



**Figura 24** - Classes de uso da terra nas APP hídricas (%).



**Figura 25** – Mapa de uso da terra nas APP de nascentes e cursos d'água da área urbana e expansão urbana de Franca/SP.

**Tabela 13** - Classes de uso da terra nas APP hídricas, em área ocupada.

Classes de uso da terra	Área (Km <sup>2</sup> )
corpo d'água	0,227291
área urbana	1,616912
solo exposto	0,537249
pastagem	2,965191
silvicultura	0,080168
café	0,314713
cana	0,171099
uso predominantemente rural	1,274119
mata	12,243139

A análise dos dados revela que uma área de cerca de 7 km<sup>2</sup> de APP estão degradadas, o que representa aproximadamente 36% da área total.

Na microbacia do córrego do Macaco (afluente do ribeirão do Salgado), onde foram mapeadas 33 nascentes, 6 delas estão inseridas, parcial ou totalmente em área urbanizada, onde a vegetação nativa nas APP é praticamente inexistente. Quanto aos cursos d'água, dois deles apresentam alto grau de degradação em parte de seu trecho, também por conta da ocupação urbana ou de infraestruturas associadas. Pontualmente percebem-se, também, áreas de pastagem em alguns trechos onde deveria existir vegetação nativa. Apesar dessas condições, de uma maneira geral as APP desta microbacia apresentam boas condições.

Na microbacia do córrego Pouso Alto, existem cultivos de cana de açúcar às margens dos cursos d'água, mas estas áreas são de pequena expressão. Predominam APP em que se mantém a vegetação nativa, característica fundamental para a manutenção da qualidade ambiental. Porém, das 17 nascentes mapeadas, em 4 delas percebe-se total ou parcialmente a invasão dos canaviais em suas respectivas APP, e uma é parcialmente degradada pelas infraestruturas associadas à urbanização.

A situação das APP na microbacia do córrego dos Correias não é muito diferente. Das 20 nascentes inseridas na área de estudo, 3 são alteradas pela urbanização, que afeta trechos pontuais de um curso d'água, em área de pequena extensão. Em outras duas, parte da APP apresenta solo exposto, fator preocupante com relação à gestão dos recursos hídricos. O uso da terra classificado como pastagem também é responsável por degradar trechos de APP nesta microbacia, mas de uma maneira geral, também apresenta boas condições de manutenção das áreas protegidas.

As áreas urbanas e as infraestruturas a elas associadas afetam, também, o entorno de 5 nascentes, das 42 verificadas no mapeamento da microbacia do córrego da Palestina. A pastagem, os canaviais e pequenas áreas de silvicultura são os usos responsáveis por impactar as APP hídricas desta microbacia que, como as outras já descritas, apesar dos conflitos de uso

citados, apresentam majoritariamente, matas preservadas às margens dos cursos d'água e no entorno das nascentes.

Das microbacias que abastecem o rio Sapucaí-mirim, a do córrego dos Bagres e seu afluente, o córrego do Cubatão certamente é a que possui maior degradação em suas APP, principalmente porque grande parte dela, nos limites da área de estudo, está inserida em área densamente urbanizada. Foram mapeadas 50 nascentes, das quais 16 estão com suas APP total ou parcialmente degradadas pela ocupação urbana. Esta microbacia apresenta extensos trechos de cursos d'água que foram retelinizados e tiveram seus leitos e margens pavimentados, trechos estes situados ao longo de duas das principais marginais que cortam a área urbana de Franca, a avenida Dr. Hélio Palermo, seu prolongamento, a avenida Antônio Barbosa Filho e a avenida Dr. Ismael Alonso y Alonso. Além desta característica, pastagens e solo exposto também ocupam alguns trechos deste manancial, e em menor proporção os canaviais, porém quando situados na área não urbanizada, as condições de preservação das APP são razoáveis, sendo boa parte recoberta por matas.

Na microbacia do ribeirão do Cubatão, a pastagem é o uso que mais causa degradação às APP: das 15 nascentes localizadas na área de estudo, 6 delas tem suas APP degradadas por esse uso. Outras 4 APP no entorno de nascentes foram alteradas por áreas predominantemente rurais, como chácaras, 2 degradadas por canaviais e 1 localizada em área de solo exposto, o que é ainda mais preocupante. Ao longo dos cursos d'água, a pastagem é o uso que, mesmo pontualmente, provoca alterações nas APP.

Verificou-se na microbacia do ribeirão das Macaúbas, a presença de 30 nascentes. A urbanização é a responsável pela de degradação das APP de 6 delas, além de, localmente, a área urbana ou infraestruturas a ela associadas, impactar pequenos trechos de alguns afluentes. Além disso, o solo exposto pelos cultivos de cana de açúcar degradam outras 3 nascentes. Ao longo de certos cursos d'água e no entorno de 5 nascentes, as APP foram alteradas por pastagens. Mas de uma maneira geral, a microbacia mantém as APP em boas condições.

Na microbacia do córrego dos Olhos d'água foram mapeadas 15 nascentes no interior da área de estudo. Duas delas apresentam APP degradadas por solo exposto, situação que também se verifica pontualmente em alguns trechos de 4 cursos d'água. A área urbana impacta a APP de uma nascente e de trecho do curso d'água originado dela. Outros dois trechos de APP de cursos d'água são ocupados por canaviais, porém em pequena extensão. Apesar dos problemas pontuais, no geral também apresenta boas condições de preservação das APP.

Por fim, a microbacia do ribeirão Bom Jardim apresenta proporcionalmente maiores áreas de APP em conflitos de uso, ou seja, onde a legislação ambiental não está sendo cumprida. Ao longo do córrego do Engenho Queimado, principal afluente localizado no interior da área de estudo, a pastagem é o principal uso que impacta negativamente as APP, principalmente ao longo do curso d'água, além de áreas predominantemente rurais, compostas principalmente por chácaras. Somente nesta microbacia, 12 nascentes e trechos de alguns córregos têm suas APP degradadas pela urbanização, infraestruturas associadas ou ainda por estradas pavimentadas, por ser cortada pela Rodovia Cândido Portinari. Somadas as nascentes do córrego do Engenho Queimado, a microbacia do ribeirão Bom Jardim apresenta 56 nascentes, das quais 7 estão em áreas de solo exposto e outras 6 em meio a canaviais, usos da terra inadequados para a preservação dos recursos hídricos. Da mesma forma, o solo exposto margeia 5 trechos marginais de cursos d'água. A parte mais degradada desta bacia está inserida em área urbana, enquanto que na área de expansão urbana percebem-se melhores condições de preservação das APP.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de cerca de 85% da área de estudo estar entre as classes de média, alta e muito alta fragilidade ambiental, é preciso observar que a área urbana ocupa cerca de 35% da área de estudo. Os resultados apresentados pelo mapeamento de fragilidade ambiental indicam que a qualidade ambiental está em condições razoáveis. Nas áreas de fragilidade muito alta, a declividade, fator limitante à expansão urbana, varia de média a muito alta nas microbacias do córrego da Palestina, ribeirão do Cubatão, ribeirão das Macaúbas e córrego do Lajeado, ou seja, na maior parte das ocorrências. Dificilmente estas áreas vão ser exploradas pela agricultura, por conta das restrições à mecanização. Porém, ações com vistas à conservação destes locais, e recuperação das áreas degradadas se fazem necessárias para haver manutenção ou melhoria na qualidade ambiental, em todas as microbacias.

A maioria das áreas de alta fragilidade tem como característica principal o uso da terra por pastagens ou por canaviais nas médias vertentes. O planejamento e a gestão destas áreas requerem cuidados. A Lei estadual nº 11.241/2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana de açúcar, pode ter efeitos adversos. Em fase de regulamentação, a lei determina que a colheita manual da cana seja gradativamente substituída pela colheita mecanizada. Sendo a declividade um fator que restringe a mecanização, canaviais situados em terrenos de maior declividade tendem a ser extintos, podendo dar lugar ao reflorestamento,

principalmente em APP. Por outro lado, terrenos mais aplainados, passíveis de mecanização agrícola, que abrigam fragmentos de vegetação nativa, podem ser alvos de pressões por novos desmatamentos.

As áreas de média fragilidade estão, em sua maioria, localizadas na área urbana, onde pouco pode ser realizado para amenizar esta situação. Observando as condições geomorfológicas, ambientais e de infraestrutura urbana, estas são as áreas mais propícias para o surgimento de novos loteamentos, conforme estabelece o Plano Diretor municipal ao caracterizar as macrozonas de expansão urbana e as macrozonas de ocupação preferencial. No entanto, percebe-se pelo mapa de uso da terra certa carência de áreas verdes em meio à cidade.

Nas áreas de baixa e muito baixa fragilidade ambiental, as matas localizadas em baixas vertentes e nos fundos de vale são características recorrentes. Apesar disso, através do mapa de uso da terra, percebe-se que não há corredores ecológicos entre os fragmentos de mata, fator preocupante considerando-se que as APP também têm a função de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora (BRASIL, 2012).

Por outro lado, as modificações estabelecidas pela Lei nº 12.651/2012 (novo Código Florestal) podem trazer benefícios no sentido de que, em seu artigo 15, permite que as APP sejam computadas no cálculo do percentual da Reserva Legal (RL)<sup>10</sup>. Esta situação que pode contribuir para a manutenção de fragmentos de vegetação nativa e, inclusive, ampliá-los nos casos em que as APP ou a RL encontrarem-se abaixo do mínimo estabelecido pela referida lei.

Quanto ao uso da terra nas APP, considerando-se que as microbacias que pertencem ao rio Canoas, extremamente importante e estratégico há décadas, para o abastecimento urbano de Franca e também de outras cidades vizinhas, mesmo tendo apresentado boas condições de manutenção das APP, torna-se fundamental a implementação de ações com vistas à recuperação das nascentes e dos cursos d'água degradados. Ainda que estas não sejam, talvez, ações prioritárias, devem ser alvo de um plano de recuperação a médio e/ou longo prazo, considerando a crescente demanda dos recursos hídricos, além da crise de escassez pela qual também o município de Franca enfrentou recentemente.

---

<sup>10</sup> De acordo com o artigo 12 da Lei 12.651/2012 (Código Florestal), os imóveis rurais não localizados na Amazônia Legal devem manter 20% de sua área com cobertura de vegetação nativa, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

É importante destacar o potencial das ferramentas de geoprocessamento nas análises ambientais, de modo que facilitem a integração de dados e informações úteis para as sociedades estejam sempre em busca da sustentabilidade, uma meta difícil de se alcançar.

## 8. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, Franca, n. 2, p. 5-27, dez. 1968.

AB'SABER, A. N. O sítio e a organização do espaço urbano de Franca. Notas prévias. **Geografia e Planejamento**. São Paulo, n. 16, IGEOG, 1975, 6 p.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos-Classificação: NBR 10004**. Rio de Janeiro, 2004, 77 p.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Censos Demográficos**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 07 set. 2015.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse\\_tab\\_uf\\_pdf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_uf_pdf.shtm)>. Acesso em 07 set. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 23 out. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 01 nov. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa-BDMEP**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em 23/02/2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.

CABRAL JUNIOR, M. et al. Revisão Estratigráfica do Mesozóico no Nordeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS, 2, 1992. **Resumos Expandidos do 2º Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras**, Rio Claro: Unesp, 1992, p. 134-137.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Metodologias para aplicações ambientais. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de; BARBOSA, C. C. F.; CAMARGO, E. C. G. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/6metod.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/6metod.pdf)>. Acesso em: 07 jul. 2014.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos em Ciência da Geoinformação. In: CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 10 ago. 2014.

CAMARA, G.; MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C. (org). Técnicas de Inferência Geográfica. In: CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 02 set. 2014.

CANIL, K. Metodologia para elaboração da carta de risco de erosão do município de Franca/SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 7, 2001. **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia, 2001, p. 1-9.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

CHIACHIRI FILHO, J. **Do Sertão do Rio Pardo à Vila Franca do Imperador**. Ribeirão Preto: Ribeira, 1986.

CORSEUIL, C. W. Análise de adequação do uso das terras por meio de técnicas de geoprocessamento e análise de multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis: INPE, 2007, p. 2471-2478.

CULTRI, C. N.; MANFRINATO, J. W. S.; RENÓFIO, A. Resíduos sólidos do setor coureiro-calçadista e os fundamentos para a Produção mais Limpa. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. **Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru, UNESP, 2006. Disponível em <<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais.php>>. Acesso em 30 ago. 2014.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

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

GÓIS, D. L. **Estudo experimental para obtenção das curvas de chegada do cromo e cádmio para materiais inconsolidados da Região de Franca-SP**. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: IGCE/UNESP, 1995.

GORINI, A. P. F.; CORREA, A. R.; SILVA, C. V. G. F. **A indústria calçadista de Franca**. Bndes. Gerência Setorial de bens de consumo não duráveis. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/relato/rs\\_7\\_ao1.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/relato/rs_7_ao1.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2014.

HELLMEISTER JUNIOR, Z. **Aspectos geológicos e principais recursos minerais da região de Franca-Pedregulho, nordeste do Estado de São Paulo.** São Paulo. Dissertação (Mestrado). São Paulo: USP/Instituto de Geociências, 1997.

LIMA, M. M. de. **Zoneamento geoambiental do município e região de Franca-SP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis.** New York: John Wiley & Sons Inc., 1999.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** 2ª Ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2899-2906.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PERROTTA, M. M. et al. **Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000.** São Paulo: Programa Geologia do Brasil-PGB, 2005.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil: Fanerozóico.** São Paulo: Ed. da USP, 1983.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. S. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia.** São Paulo, FFLCH/USP, n. 13, 1999, p. 77-106.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997.

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

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica.** Tese (doutorado). São Paulo: FFLCH/USP, 1995.

SÃO PAULO (estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande (Relatório nº 40.672).** São Paulo, 1999, v. 1, 98 p.

SÃO PAULO (estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. **Mapa de Risco Potencial de Erosão do Município de Franca.** São Paulo, 2003. 1 mapa. Escala 1:25.000. (Parecer Técnico 7149).

SÃO PAULO (estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. **Subsídios técnicos para um plano de controle preventivo e corretivo de erosão para a área urbana do município de Franca, SP (Parecer Técnico 7149/1999).** São Paulo, 1999, 161 p.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB. **Relação de áreas contaminadas-dezembro 2014.** Disponível em <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/munic%C3%ADpio.pdf>>. Acesso em 01 set. 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados-SEADE. População e Estatísticas Vitais. **Informações dos Municípios Paulistas.** Disponível em: <[http://www.seade.gov.br/index.php?option=com\\_jce&Itemid=39&tema=5](http://www.seade.gov.br/index.php?option=com_jce&Itemid=39&tema=5)>. Acesso em 09 set. 2015.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Editora da Unicamp, 1999.

SINDIFRANCA. Sindicato das Indústrias de Calçados de Franca. **Relatório Mensal-NICC Polo Franca.** Julho de 2015. Disponível em: <<http://www.sindifranca.org.br/estatisticas.html>>. Acesso em 10 set. 2015.

SPÖRL, R. L.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Revista Espaço e Tempo.** São Paulo, GEOUSP, n. 15, 2004, p. 39-49.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica.** Rio Claro: Ed. do autor, 1992.

VICTOR, M. A. M. **A devastação florestal.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1975.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Determinação da fragilidade ambiental na bacia do rio Verde, região Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Territorium. Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança,** Lousã, n. 16, 2009, p. 79-98.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge; SOUZA, Marcelo José Lopes de. **Análise Ambiental.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1987.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; SINELLI, O. et al. Mapeamento Geotécnico da Cidade de Franca. Escala 1:25.000: Carta de riscos à erosão. **Geociências**, São Paulo, v. 14, n. 2, 1995, p. 41-58.