unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

VALÉRIA COGHI BERNARDELLI

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NO SETOR SUL DE ARARAS (SP): SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO - SP
2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Instituto de Geociências e Ciências Exatas Câmpus de Rio Claro

VALÉRIA COGHI BERNARDELLI

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NO SETOR SUL DE ARARAS (SP): SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci

Rio Claro-SP
2019

B522d

Bernardelli, Valéria Coghi
Diagnóstico das alterações geomorfológicas em área de expansão urbana no setor sul de Araras (SP): : subsídio para o planejamento urbano / Valéria Coghi Bernardelli. -- Rio Claro, 2019
199 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Cenira Maria Lupinacci

1. Geomorfologia. 2. Fragilidade Física. 3. Níveis de restrição do relevo. 4. Urbanização. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

VALÉRIA COGHI BERNARDELLI

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NO SETOR SUL DE ARARAS (SP): SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci (Orientadora)
Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP/Rio Claro-SP

Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira
Instituto de Geociências/UNICAMP/Campinas-SP

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher
Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP/Rio Claro.

Conceito: Aprovado

Rio Claro/SP, 25 de outubro de 2019.

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos e aos meus alunos.

Em memória às minhas avós

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus pela vida, pela força e pela coragem para enfrentar os desafios de cada dia.

À minha família pela paciência, pelo apoio e por acreditarem em mim.

Ao meu pai por auxiliar nos trabalhos de campo (tradagem do solo).

À professora Cenira por conceder a oportunidade de realizar a pesquisa, pela orientação firme e pontual, pelo profissionalismo e pelos ensinamentos acadêmicos compartilhados os quais não serão esquecidos.

Ao Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (IGC) e à Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano AS (EMPLASA) po concederem as fotografias aéreas dos anos de 1962, 1978 e 1988 e as ortofotos do ano de 2010, respectivamente que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Às funcionárias Suely Teodoro de Souza Martins e Ana Carolina Dias de Oliveira por auxiliarem nas rotinas de laboratório e nas análises granulométricas e de permeabilidade.

Ao Estevão e à Alessandra pelas conversas e pelas trocas de experiência e de ensinamentos nessa jornada.

À Mara Figueiredo pela correção do texto e à *teacher* Patrícia pelos apontamentos no *abstract*.

Ao pessoal do setor da execução fiscal (André, Célia, Mirtes e Michele) e da escola (Priscila Pedro, Luciana e alunos) por apoiarem nesse processo.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Gratidão!!

"É o defeito que faz a gente pensar."

Rubem Alves

RESUMO

A taxa de crescimento urbano no mundo vem aumentando, conforme estudos das Nações Unidas (2015). No Brasil, este fato também se intensificou a partir da década de 1970, com o desenvolvimento das cidades médias. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi identificar e analisar os níveis de restrição do relevo ao uso urbano, no setor sul da cidade de Araras-SP. Para que o objetivo proposto fosse alcançado, foi necessária a elaboração de alguns produtos cartográficos. A cartografia-geomorfológica-histórico-evolutiva, bem como as cartas de uso da terra dos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016 permitiram visualizar as mudanças imprimidas pela ação antrópica e avaliar os estágios de evolução no meio urbano, conforme Nir (1983). A carta de fragilidade física foi construída a partir das cartas de declividade e de materiais inconsolidados, fazendo o uso das feições erosivas. Os dados obtidos por meio dos mapeamentos foram analisados sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), entendendo a área de estudo como um sistema controlado já que apresenta interferência antrópica. Assim, constatou-se que o processo de urbanização, no período de 54 anos, acarretou feições antropogênicas, tais como aterros, cortes, ruptura topográfica antrópica, canal fluvial retificado, canal fluvial canalizado, canal artificial para o escoamento de águas pluviais, saída de drenagem, vertente côncava e convexa antrópica, terraço agrícola, bacia de contenção e limite do reservatório de contenção. As informações das cartas de fragilidade física e de uso da terra subsidiaram os níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Os setores que possuem restrições ao uso urbano muito forte, forte e medianamente forte estão próximos às nascentes, vertentes côncavas e/ou uso da terra vegetação -que não estão em APPs-, cobertura herbácea, pasto limpo, solo exposto e área sem edificação, situados em áreas de fragilidade física muito forte e forte. Em contrapartida, os setores caracterizados por restrições moderadas localizam-se em usos da terra cana-de-açúcar, cultura anual, área sem edificação e pasto sujo, em fragilidade física moderada. Por fim, os setores que têm restrição fraca e muito fraca encontram-se em usos que apresentam construções (indústria, construção rural e áreas parcialmente edificadas), denotando fragilidade física fraca e muito fraca. Notou-se que o uso urbano é realizado sem considerar as restrições, bem como as características físicas do terreno, explicando os problemas ambientais identificados na área estudada.

Palavras-chave: Geomorfologia antrópica. Uso e ocupação da terra. Urbanização. Fragilidade Física. Restrições do relevo ao uso urbano.

ABSTRACT

According to reports from United Nations (2015), the rate of urban growth has been increasing around the world. In Brazil, the same fact is verified as of 1970's with the medium cities development. Thereby, the aim of this research was to identify and analyze the relief restriction levels to urban use in Araras (SP) city, in the South area. It was necessary the preparation of some cartographic mapping to achieve the proposed. Both the evolutive historic geomorphological cartography and land cover map in 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 and 2016 allowed to view imposed changes by anthropic action and assess the evolution stages in the urban area, according to Nir (1983). The environment fragility map was built from slope and unconsolidated materials maps, using of erosion features. The obtained data through the mapping were analyzed from Systems General Theory (SGT), analyzing the area of study as controlled system due to anthropic interference. Thus, in 54 years the urbanization process caused anthropogenic features such as embankment, cutting, anthropic topographic breaks, rectified canal, canalization canal, artificial canal to flow rainwater, drainage exit, anthropic concave and convex slope, agricultural terrace, contention basin and contention reservoir. The data of environment fragility and land cover use subsidized the relief restriction levels to urban use. The sectors which have restriction to urban use very high, high and averagely high are to close headwater, concave slope and/or land cover use vegetation (that is not permanent preservation area), herbaceous cover, pasture, exposed soil and no edification area situated in environment fragility very heavy and heavy. By contrast, the sectors characterized for moderate restrictions are located in land cover use sugar cane, annual crop, no edification area and pasture in moderate fragility. At last, the sectors which have low and very low restriction are found in uses that present buildings (industry, rural building and partly edification area), demonstrating low and very low environment fragility. Therefore, it has been found that urban use is made regardless of relief restriction levels as well physical characteristic terrain so it explains environmental problems identified in area of study.

Key-words: Anthropic Geomorphology. Land cover use. Urbanization. Environment fragility. Relief restriction to urban use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistemas na visão funcional de Forster, Rapoport e Trucco 20
Figura 2 – Reação de um sistema ambiental perante um esforço ou tensão que lhe é imposto 22
Figura 3 – Fluxograma sobre desmatamento na visão de Marsh 24
Figura 4 – Balanço pedogênese x morfogênese no meio intergrade na visão de Tricart (1977) 34
Figura 5 – Esquema de construção da carta de fragilidade física do meio e níveis de restrição do relevo ao uso urbano 38
Figura 6 – Cálculo da linha de quebra para os fundos de vale e o resultado na carta de declividade com correção 46
Figura 7 – Localização dos pontos de coleta na área de estudo.....56
Figura 8 – Amostra compactada (corpo de prova) (A) e parafinada (B) para realizar a permeabilidade 57
Figura 9 – Janela *Select by Attributes* preenchida 61
Figura 10 – Peso final de 0 a 100 das variáveis declividade e materiais inconsolidados 66
Figura 11 – Funcionamento da ferramenta *weighted overlay* (análise multicritério) 67
Figura 12 – Peso final de 0 a 100 da fragilidade física e uso da terra 2016 em cada classe ...75/76
Figura 13 – Localização do município de Araras-SP e municípios limítrofes 78
Figura 14 – Chegada de leite por trem na Companhia Ararense de Leite em 1912 80
Figura 15 – Estação de trem da Companhia de Estradas de ferro entre 1913 e 1921 80
Figura 16 – Fachada da fábrica da Nestlé em 1933 80
Figura 17 – UFSCar, câmpus de Araras (SP) 81
Figura 18 – Localização da área de estudo 84
Figura 19 – Esboço geológico da área estudada 87
Figura 20 – Esboço pedológico da área estudada 89
Figura 21 – Carta de Declividade do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) 93
Figura 22 – Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras - 1962 94
Figura 23 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras – 1978 95
Figura 24 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras – 1988 96

Figura 25 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras – 1997 97
Figura 26 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras – 2010 98
Figura 27 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras – 2016 99
Figura 28 – Carta de Materiais Inconsolidados do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) 100
Figura 29 – Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Ambiental do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) 101
Figura 30 – Carta de Fragilidade física do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) 102
Figura 31 – Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) 103
Figura 32 – Sulcos erosivos e marcas de erosão difusa período suburbano na área de estudo.114
Figura 33 – Ravinas no Jardim Marabá e Vila São Jorge (transição) 114
Figura 34 – Período de construção nos bairros Jardim Copacabana, Bosque de Versalles e Narciso Gomes 116
Figura 35 – Período suburbano e de construção em alguns bairros da área estudada 117
Figura 36 – Sulcos erosivos nos bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge e ravina grande no Jardim Marabá 118
Figura 37 – Jardim Bela Vista com lotes edificados indicando o estágio de urbanização consolidado em 1997 122
Figura 38 – Feições antrópicas no Jardim dos Ypês e Genny Mercatelli – 1997 122
Figura 39 – Sulcos erosivos e ravinas nos bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge 123
Figura 40 – Período suburbano no condomínio Arnaldo Mazon e período de construção nos Jardim Dalla Costa e Santa Catarina 126
Figura 41 – Sistema de drenagem da Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva (SP-165) 127
Figura 42 – Bairros no estágio de construção 129
Figura 43 – Período suburbano nos bairros Jardim Esplanada e Jardim Planalto 130
Figura 44 – Processos erosivos no bairro Jardim Marabá 131
Figura 45 – Erosão nas margens do curso fluvial, localizado no bairro Bosque de Versalles ..132
Figura 46 – Obras paliativas próximas à ponte e erosão em calçada, no bairro Bosque de Versalles 133

Figura 47 – Reservatório de contenção no bairro Jardim Bosque dos Ipês 134
Figura 48 – Processo erosivo no trecho final do arruamento impermeabilizado entre os bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge 135
Figura 49 – Topografia e traçado geométrico 137
Figura 50 – Processos erosivos de 1962 a 2016 próximo ao condomínio Arnaldo Mazon 138
Figura 51 – Processo erosivo no aterro próximo ao Condomínio Residencial Arnaldo Mazon139
Figura 52 – Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo – Araras (SP) 140
Figura 53 – Obras na alça de acesso da Rodovia Wilson Finardi (SP-191) 141
Figura 54 – Canalização dos cursos fluviais nos bairros Narciso Gomes e Jardim dos Ypês em razão de mudanças no sistema viário 144
Figura 55 – Uso da terra nas nascentes dos cursos fluviais localizados nos bairros Narciso Gomes e Jardim Ypê em 54 anos 146
Figura 56 – Curso fluvial do Jardim dos Ypês e galeria de água pluvial destruída pelas chuvas de verão de 2019 147
Figura 57 – Construção do Lago Municipal próximo à foz do Córrego do Facão 148
Figura 58 – Atividade pesqueira no curso principal próximo à Rodovia Anhanguera (SP-330) 149
Figura 59 – Aterro próximo ao Córrego do Facão 149
Figura 60 – Trecho 1 do processo de canalização do Córrego do Facão 151
Figura 61 – Trecho 2 do processo de canalização do Córrego do Facão 152
Figura 62 – Setas mostram sedimentos oriundos da obra de macrodrenagem próximo ao Condomínio Arnaldo Mazon 153
Figura 63 – Obra de macrodrenagem, na confluência do Córrego do Facão com o Ribeirão das Furnas 154
Figura 64 – Seta indica erosão em margem impermeabilizada 154
Figura 65 – Enchente na confluência do Ribeirão das Furnas com o Córrego do Facão ocorrida em dezembro de 2012 154

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da população total entre 1930 a 2017* em Araras (SP) 82
Gráfico 2 – Participação da agropecuária, indústrias e serviços no total do valor adicionado em porcentagem no município de Araras (SP) – 2015 82

Gráfico 3 – Distribuição da área ocupada em porcentagem pelas classes de declividade na área de estudo 104
Gráfico 4 – Evolução do uso agrícola na área de estudo 105
Gráfico 5 – Terraços agrícolas mapeados entre 1962 e 2016 106
Gráfico 6 – Evolução do uso da terra no meio urbano 109
Gráfico 7 – Área ocupada dos sulcos erosivos em cada classe de material inconsolidado, 1962 110
Gráfico 8 – Área ocupada dos sulcos erosivos em cada intervalo de declividade, 1962 110
Gráfico 9 – Área dos sulcos erosivos em cada intervalo de fragilidade física, 1962 112
Gráfico 10 – Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de fragilidade física em 1988 119
Gráfico 11 – Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de material inconsolidado em 1988 119
Gráfico 12 – Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de declividade em 1988 120
Gráfico 13 – Evolução da extensão dos cursos fluviais e da área de represamentos na área estudada 143

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cartas topográficas e produtos do sensoriamento remoto utilizados para a elaboração das cartas temáticas – parte I.....40
Quadro 1 – Cartas topográficas e produtos do sensoriamento remoto utilizados para a elaboração das cartas temáticas – parte II 41
Quadro 2 – Classes de declividade 43
Quadro 3 – Simbologias utilizadas nos mapeamentos geomorfológicos 49
Quadro 4 – Agrupamentos, classes de uso e parâmetros para identificação – parte I 52
Quadro 4 – Agrupamentos, classes de uso e parâmetros para identificação – parte II 53
Quadro 5 – Pontos escolhidos para realizar a permeabilidade 57
Quadro 6 – Classes de materiais inconsolidados do setor sul da cidade de Araras (SP) 59
Quadro 7 – Relação uso da terra x fragilidade física resultando nos níveis de restrição 155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores da declividade em graus (º) e em porcentagem (%) da área de estudo 44
Tabela 2 – Exemplo: área de cada classe e área ocupada pelas feições erosivas em cada classe de material inconsolidado nos seis cenários mapeados 62
Tabela 3 – Exemplo: resultado da divisão entre a área ocupada por feição erosiva em cada classe pela área total da classe de mesma variável nos seis anos, materiais inconsolidados 63
Tabela 4 – Exemplo: coeficiente de proporcionalidade da área ocupada por cada feição emcada classe de material inconsolidado entre 1962 a 2016 64
Tabela 5 – Exemplo: média aritmética do coeficiente de proporcionalidade de cada feição erosiva em cada classe de material inconsolidado 65
Tabela 6 – Exemplo: resultado da divisão do maior número em cada classe de material inconsolidado e, após, soma das feições erosivas em cada classe de material inconsolidado 65
Tabela 7 – Índice final e valor adotado na ferramenta weighted overlay 66
Tabela 8 – Área ocupada das feições erosivas nos intervalos de fragilidade física 69
Tabela 9 – Feições geomorfológicas identificadas na área por extensão (km), área (km²) e unidades nos anos estudados 108
Tabela 10 – Área (m²) ocupada dos sulcos erosivos em cada classe de uso da terra no ano de 1962 111
Tabela 11 – Área das feições erosivas em cada intervalo de fragilidade física, 1978 113
Tabela 12 – Áreas das feições erosivas em cada intervalo de declividade, 1978 115
Tabela 13 – Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra, 1978 115
Tabela 14 – Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra, 1988 120
Tabela 15 – Área das feições erosivas em cada classe de declividade em 1997 124
Tabela 16 – Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra em 1997 124
Tabela 17 – Área das feições erosivas em cada classe de fragilidade física em 1997 125
Tabela 18 – Área dos processos erosivos em cada classe de fragilidade física em 2010 128
Tabela 19 – Área dos processos erosivos em cada intervalo de declividade em 2010 128
Tabela 20 – Área dos processos erosivos em cada classe de fragilidade física, 2016 130
Tabela 21 – Área ocupada pelas feições erosivas em cada classe de material inconsolidado, 2016 142

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Análise Granulométrica 174
Anexo II – Permeabilidade 181
Anexo III – Proposição de pesos para a variável declividade (Carta de Fragilidade Física) 185
Anexo IV – Proposição de pesos para a variável Fragilidade Física (Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano) 188
Anexo V – Proposição de pesos para a variável Uso da Terra (Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano) 191

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 15

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... 19

2.1 Teoria Geral dos Sistemas..... 19

2.2 Uma Breve História da Geomorfologia Antrópica ou Antropogeomorfologia..... 23

2.3 Os Efeitos da Urbanização no Relevo..... 29

2.4 Fragilidade Física dos Ambientes Naturais e Antropizados..... 33

3. TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS..... 38

3.1 Base Cartográfica e Produtos Cartográficos..... 38

3.2 Carta de Declividade..... 39

3.3 Cartas Geomorfológicas..... 45

3.4 Cartas de Uso e Ocupação da Terra..... 50

3.5 Carta de Material Inconsolidado..... 51

3.6 Carta de Fragilidade Física..... 59

3.7 Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Legal..... 68

3.8 Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano..... 73

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 77

4.1 Localização e Breve Contexto Histórico da Área de Estudo..... 77

4.2 Aspectos Fisiográficos da região com Ênfase na Área de Estudo..... 85

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS..... 92

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 157

7. REFERÊNCIAS..... 162

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA..... 172

ANEXOS..... 173

1 INTRODUÇÃO

A interação do homem com a paisagem começa no Pleistoceno (CASSETI, 1991), para atender suas necessidades básicas (abrigo e alimento). Contudo, as ferramentas criadas pelo homem ao longo do tempo potencializaram a transformação da paisagem. Segundo Benett (1939 *apud* NIR, 1983, p. 7-8), os instrumentos são um resultado do desenvolvimento tecnológico e econômico do homem. Portanto, as intervenções na natureza apresentam diferentes intensidades em cada período da história do homem, de acordo com o nível de seu desenvolvimento (GOUDIE, 1981).

No período Paleolítico, as transformações provocadas pelo homem na paisagem eram poucas, pois as ferramentas até então desenvolvidas eram feitas de pedras as quais permitiam a caça e a coleta. Nesse período, o descobrimento do fogo já gerava alguns impactos no meio ambiente (GOUDIE, 1981).

A descoberta da agricultura e a domesticação dos animais foram importantes, pois o homem reduziu o seu espaço para a sobrevivência em comparação com o período Paleolítico, proporcionando avanços culturais, tecnológicos (arado, roda, irrigação) e estabelecimento dos primeiros assentamentos (cidades). Todavia, o domínio da agricultura e a domesticação de animais acarretaram impactos na paisagem como erosão do solo, compactação do solo, sistemas de irrigação, terraços agrícolas e eliminação de algumas espécies. Quando o homem passou a dominar a mineração, o seu desenvolvimento tecnológico e cultural aumentou, impondo grandes mudanças na paisagem (GOUDIE, 1988, p. 14-21; NIR, 1983, p. 8).

Contudo, é a partir do século XVII (Era Moderna) que se observaram grandes alterações na paisagem através do progresso econômico, cultural e tecnológico. A Revolução Industrial aumentou a utilização de recursos naturais e transformou a paisagem, principalmente o relevo, por meio da implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas em larga escala, construção de barragens e retificação e canalização dos cursos fluviais para atender o crescimento populacional e a demanda de produtos.

Segundo o relatório *World Urbanization Prospects* (revisão de 2014) desenvolvido pelas Nações Unidas (*United Nations,* 2015, p. 15), a população urbana apresenta grande taxa de crescimento. No ano de 2015, tínhamos 3,9 bilhões (54%) de pessoas que residam em áreas urbanas. Já para os anos de 2030 e 2050 a previsão é de que 5,058 bilhões (60%) e 6,338 bilhões (66,4%) de pessoas, respectivamente, irão viver em centros urbanos. Em 2007, a população mundial tornou-se mais urbana que rural pela primeira vez na história (*World Urbanization Prospects* – revisão de 2014 – desenvolvido pelas Nações Unidas, 2015, p. 45).

Essa tendência de urbanização também é verificada no Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), a população urbana vem crescendo. Nos anos de 1991 e 2000, eram 146.917.459 e 169.590.693 milhões de pessoas, respectivamente, que residiam em cidades. O censo de 2010 mostrou que 190.755.799 milhões de pessoas viviam em centros urbanos (IBGE, 2011). Para Santos (2009), a urbanização começa no período colonial de forma bem discreta, em virtude do predomínio da agricultura, pecuária e exploração de minerais. A partir do século XVIII e XIX a urbanização se expande, através do surgimento de cidades no litoral e no interior, com a exploração de minerais, as atividades industriais, o setor terciário e a modernização da agricultura (SANTOS, 2009).

Segundo Piquet e Ribeiro (2008), a partir da década de 1970, há o fortalecimento do papel das cidades de porte médio que propiciaram a criação de novos pontos de desenvolvimento e oportunidades de emprego no território brasileiro, a fim de diminuir as disparidades econômicas e de concentração de renda entre as regiões por meio da desconcentração populacional e das atividades econômicas.

Entretanto, o crescimento das cidades brasileiras de grande e médio porte ocorre de forma rápida e desordenada, não considerando os aspectos "[...] biofísicos do lugar original de implantação" (JORGE, 2011, p. 117). Assim, a população, principalmente de baixa renda, ocupa áreas desvalorizadas pelo mercado imobiliário e naturalmente frágeis como margens e várzeas de rios e vertentes íngremes, provocando erosão acelerada, produção de sedimentos, assoreamento dos córregos, inundações, alagamentos, deslizamentos de terras e subsidência em áreas de *carste* (JORGE, 2011, p. 118 – 119).

Para estabelecer os edifícios, os arruamentos e outras construções do sítio urbano, emprega-se frequentemente a técnica de terraplenagem (cortes e aterros). Essas técnicas causam soterramento de nascentes e canais pluviais e geram grande volume de sedimentos que chegam ao leito dos cursos fluviais, acarretando o assoreamento dos mesmos.

Outro fato observado no estabelecimento da urbanização brasileira, especialmente em cidades de médio a grande porte, é a impermeabilização quase que total da superfície, a canalização e a retificação dos córregos. De acordo com Botelho (2011), nos ambientes urbanos, a água possui dois caminhos: o escoamento e a infiltração, com maior participação do primeiro. A construção de galerias e canais de águas pluviais e a impermeabilização dos arruamentos mudam o tempo de escoamento da água, a qual chega rapidamente no leito dos rios, ocasionando enchentes e erosão nas margens dos cursos fluviais. Esse aumento da velocidade das águas pluviais em função da disposição das ruas e sua impermeabilização provoca destruição das galerias de águas pluviais, dos arruamentos e potencializa o

desenvolvimento de processos erosivos no trecho final do arruamento (MASCARÓ, 2005). Portanto, nos sítios urbanos há um predomínio do escoamento, alterando a drenagem para um sistema "controlado".

A geomorfologia, é uma área do conhecimento que se preocupa com a questão ambiental, buscando amenizar os impactos ambientais urbanos. Esta ciência fornece subsídios para entender os efeitos das cidades na criação e destruição do relevo e na morfodinâmica. Assim, a geomorfologia antrópica (NIR, 1983) ou antropogeomorfologia (GOUDIE, 2004) é um ramo da ciência geomorfológica que considera o homem como agente geomorfológico capaz de transformar os *inputs* e *outputs* de energia e matéria do sistema geomorfológico.

Logo, o conhecimento das feições topográficas e dos processos morfogenéticos, juntamente com o diagnóstico das condições ambientais, tem grande relevância tanto para a ocupação da terra quanto para as obras de engenharia (obras viárias, por exemplo) e para a exploração dos recursos naturais, pois evitam processos erosivos em áreas periurbanas, deslizamentos de terras e enchentes (CHRISTOFOLETTI, 2012, p. 416).

Uma forma de planejar a ocupação do relevo é considerar as fragilidades e potencialidades desse no estabelecimento dos sítios urbanos, com o propósito de evitar desastres e promover uma dinâmica geomorfológica que não destrua a própria infraestrutura urbana.

Diante de tais fatos mencionados sobre a transformação do relevo através da urbanização, a área de estudo selecionada para essa pesquisa foi o setor sul da cidade (área periurbana) de Araras-SP, situada na baixa bacia do córrego do Facão. A escolha desta área de estudo se justifica pelas características geomorfológicas e pelas investigações realizadas por Bernardelli (2016). Essa área vem passando por grandes modificações, como canalização do curso fluvial, construção de reservatório de contenção ("piscinão"), novos loteamentos e condomínios. Além disso, apresenta diferentes usos da terra e fragilidade significativa, já avaliada de forma parcial pelos estudos de Bernardelli (2016).

Diante desse cenário, o principal objetivo desta pesquisa foi identificar e avaliar as restrições do relevo ao uso urbano na baixa bacia do córrego do Facão, Araras-SP, visando subsidiar o planejamento municipal de forma adequada. Para isso foram elaborados produtos cartográficos, realizados trabalhos de campo e pesquisas laboratoriais. Para atingir o objetivo proposto, foram definidos os objetivos específicos:

- Identificar a morfologia antropogênica na área de estudo através do mapeamento do relevo, bem como o processo de urbanização e a sucessão de diferentes usos da terra nos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016;
- Avaliar a potencialidade do terreno estudado para o desenvolvimento de processos erosivos e dos movimentos gravitacionais por meio da análise da declividade;
- Avaliar as condições físicas da área de estudo, com ênfase aos materiais de superfície e declividade, a fim de identificar a fragilidade física da área assim como suas potencialidades ao uso urbano;
- Indicar as possíveis transgressões à legislação ambiental causadas pelo uso da terra na área de estudo;
- Apontar os níveis de restrição do relevo ao uso urbano através da identificação dos terrenos legalmente restritos e a integração dos dados de fragilidade física do meio submetidos à dinâmica de uso da terra de 2016.

A aplicação dos princípios da teoria geral dos sistemas proporcionou analisar os dados adquiridos com os mapeamentos e trabalhos de campo de forma integrada, permitindo um entendimento holístico da área.

Salienta-se que a utilização da cartografia geomorfológica de detalhe foi importante para a identificação dos três estágios do processo de urbanização (NIR, 1983) assim como da morfologia original e antrópica (RODRIGUES, 2005) na área de estudo, no período de 54 anos (1962-2016). O reconhecimento dos diferentes usos e cobertura da terra auxiliou no entendimento da dinâmica da urbanização, ou seja, no entendimento dos diferentes estágios de urbanização e seus efeitos sobre o relevo da área de estudo.

Ainda, as informações obtidas das cartas de declividade, das cartas geomorfológicas, de uso e ocupação da terra permitiram construir a carta de transgressões a legislação ambiental; seguindo a proposta de Moroz, Canil e Ross (1994). Os trabalhos de campo e as análises laboratoriais foram fundamentais para construir a carta de materiais inconsolidados, subsidiando a elaboração da carta de fragilidade física, sendo essas instrumentos importantes para atingir o objetivo proposto, auxiliando o poder público no planejamento municipal.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem a finalidade de apontar os princípios que norteiam a análise geomorfológica realizada ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa. Assim, buscou-se apontar os princípios básicos referentes à teoria geral dos sistemas, a geomorfologia antrópica ou antropogeomorfologia e a fragilidade dos ambientes.

2.1 Teoria Geral dos Sistemas

A orientação metodológica deste trabalho teve amparo nos princípios da teoria geral dos sistemas aplicados nas pesquisas geográficas e geomorfológicas.

De acordo com Christofoletti (1979, XI), esta teoria foi desenvolvida por R. Defay (1929) e Ludwig von Bertalanffy (1932), nos campos de conhecimento da termodinâmica e da biologia, respectivamente. Na geomorfologia, os princípios da teoria geral dos sistemas foram introduzidos pelos trabalhos de Strahler (1950, 1952) para esclarecer a ideia de sistemas abertos e fechados; de John T. Hack (1960) para explicar a teoria do equilíbrio dinâmico através de sistemas abertos; de Richard J. Chorley (1962) para explicar a utilização da abordagem sistêmica aos problemas geomorfológicos e de Alan D. Howard (1965) para avaliar a dinâmica e o equilíbrio no sistema geomorfológico (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. XII; CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 1-2).

Portanto, um sistema pode ser entendido como "[...] um conjunto de objetos com relações estreitas entre si e entre os seus atributos", na visão de Hall e Fagen (1956 *apud* CHORLEY, 1971, p. 4). Já para Thornes e Brunsdsen (1977, p. 10 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 1), um sistema é o "[...] conjunto de objetos ou atributos e das relações, que se encontram organizados para executar uma função particular." Para Miller (1965, p. 200 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 1), um sistema é "[...] um conjunto de unidades com relações entre si." Nota-se que o conjunto é organizado, estruturado por meio das inter-relações entre as unidades. Drew (2014, p. 21) define um sistema como "[...] um conjunto de componentes ligados por fluxos de energia e funcionando como uma unidade."

Segundo Christofoletti (1979, p. 2), os sistemas são compostos de:

- Unidades ou elementos: constituídos pelas partes;
- Relações: os elementos são interdependentes (ligações do sistema mostram os fluxos);
- Atributos: as características dos elementos (área, volume, composição, etc.);

- Entrada (*input*): é constituído pela energia e matéria que o sistema recebe. Cada sistema possui a sua entrada;
- Saída (*output*): a entrada é transformada no interior do sistema e enviada para fora.

Logo, os sistemas funcionam para executar uma tarefa a fim de atingir um objetivo ou finalidade no conjunto da natureza; por exemplo: a bacia hidrográfica está estruturada para escoar a quantidade de água e sedimentos que são oferecidas pela sua área de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 3).

Christofoletti (1999, p. 5-6) mostra que os sistemas podem ser classificados a partir dos critérios vinculados à funcionalidade (Figura 1) e à complexidade estrutural.

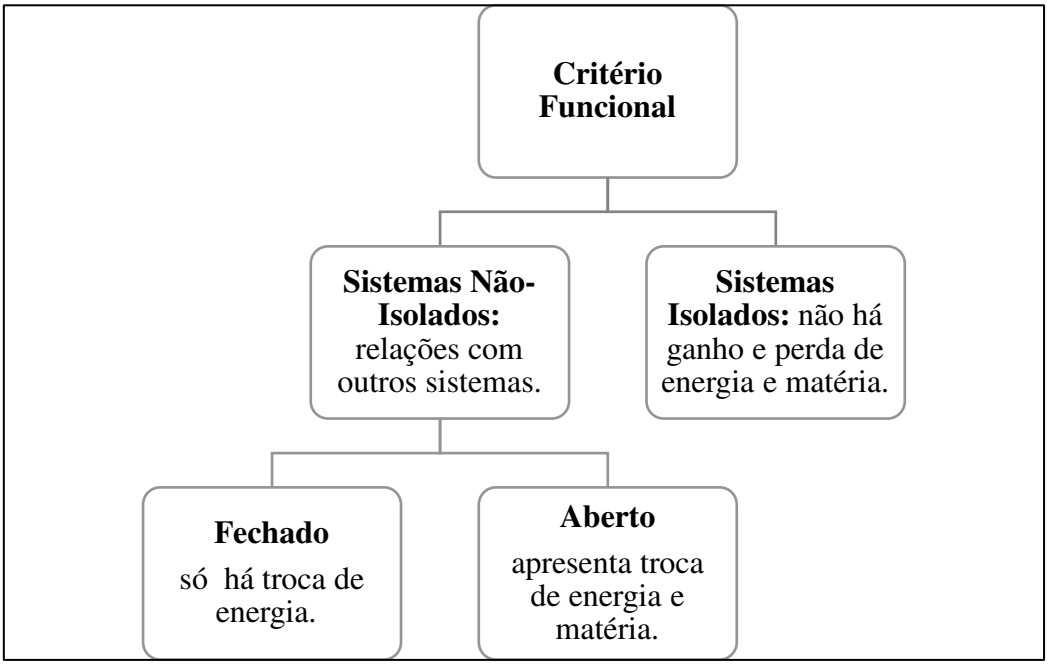


Figura 1 - Sistemas na visão funcional de Forster, Rapoport e Trucco. Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 5. Organizado pela autora.

Chorley e Kennedy (1971, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 6) ressaltam que os sistemas baseados na complexidade estrutural são constituídos por 11 tipos. Os tipos de estruturas de sistemas mais importantes para análise ambiental são os seguintes (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 6-7; CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 3-7):

- Sistemas morfológicos: constituídos pelas propriedades físicas e de seus elementos;
- Sistemas em sequência ou encadeantes: formados por uma cadeia de subsistemas;

- Sistemas de processos-respostas: gerados pela combinação de dois sistemas, a saber: sistemas morfológicos (indicam a forma) e sistemas em sequência (mostram o processo);
- Sistemas controlados: constituídos pela atuação do homem sobre os sistemas processos-respostas. Este tipo de sistema demonstra grande complexidade em função da participação antrópica;
- Sistemas complexos e organizados: os componentes do sistema relacionam-se para formar um sistema complexo, mas organizado.

De acordo com Drew (2014, p. 26), os sistemas mudam com o tempo em longa escala. Considerando a escala humana, os sistemas naturais parecem ser estáticos, porém esses estão em constante busca do equilíbrio dinâmico. Caso esse sistema receba um esforço externo (ímpeto de mudar), o sistema buscará um novo equilíbrio dinâmico.

Os sistemas frequentemente têm um elo fraco que, ao aplicar uma força, levará todo o conjunto a sofrer alterações, como aponta Drew (2014, p. 26). Portanto, a atuação antrópica pode atingir os pontos fracos ou nas "[...] alavancas do meio físico, onde um mínimo de esforço produz o máximo de resultados." (DREW, 2014, p. 27). Essas alterações provocadas pelo homem no sistema são designadas de desencadeamento (*trigger*), que pode ser causado pela introdução de uma espécie de animal ou vegetal diferente, pelo fogo, entre outros motivos. (DREW, 2014, p. 27).

Ainda, neste contexto, cabe destacar a resiliência e o limiar dos sistemas. A resiliência refere-se à habilidade do sistema para suportar as forças sem sofrer transformações no conjunto; enquanto o limiar constitui-se no limite do sistema, ou seja, se a alteração imposta ultrapassar o limite, o sistema buscará um novo equilíbrio, uma nova organização diferente do seu estágio inicial. Cada sistema possui um limiar. Assim, constata-se que, na sua maioria, as alterações antropogênicas impulsionam o funcionamento do sistema para além do seu limiar (Figura 2).

Haff (2001, p.3) pontua algumas transformações pelas quais a superfície da terra vem passando como resultado da atividade humana, tais como: alteração no fluxo dos rios, transformação nos solos (química, estrutura e estratigrafia), mudanças topográficas, recuo da linha de costa, transformação indiscriminada do sistema ecológico, vegetativo e hidrológico, introdução de novos materiais e mudanças climáticas. Nota-se, assim, que o sistema natural está mudando rapidamente pelo surgimento da força antrópica (*Anthropic Force*), a qual atua de forma direta e indireta (HAFF, 2001, p. 3).

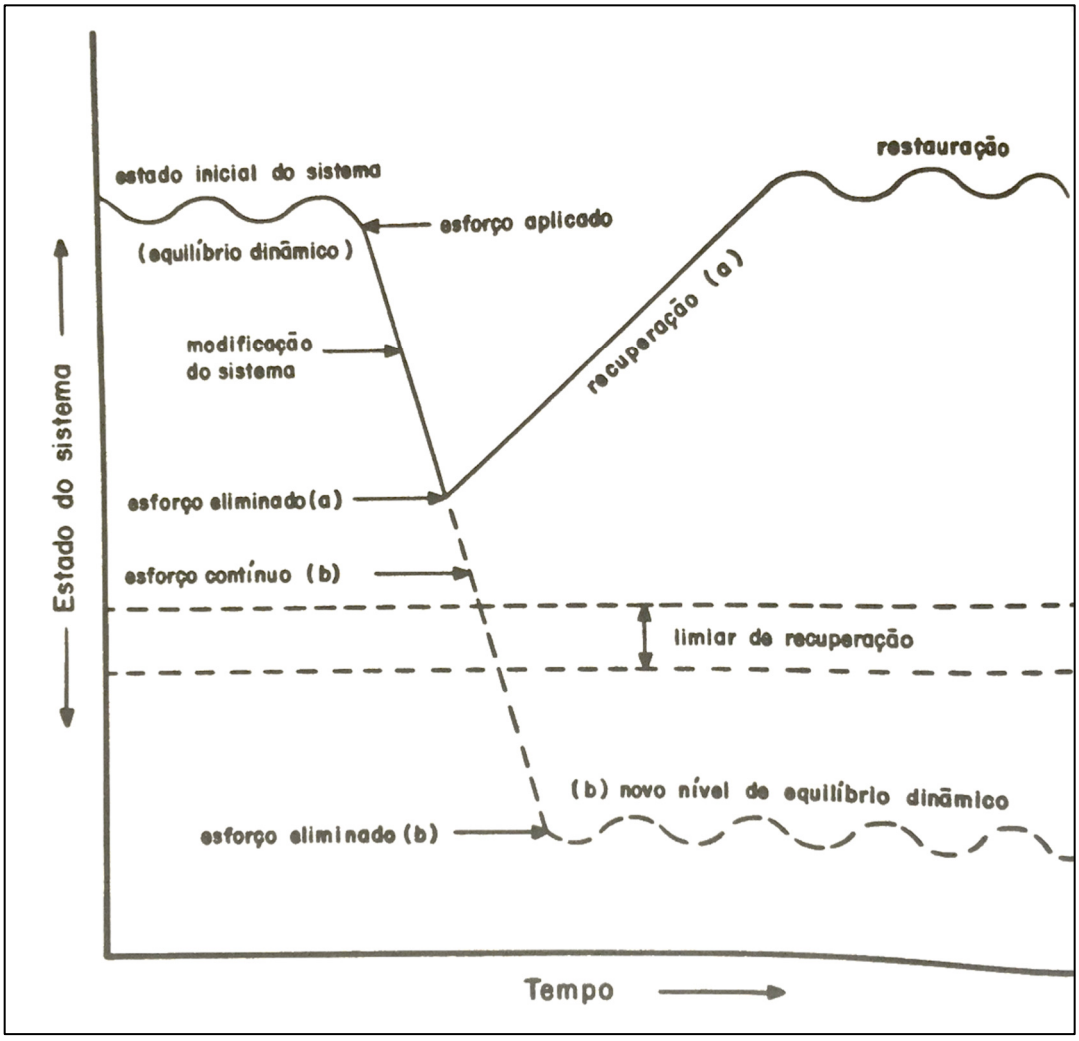


Figura 2 – Reação de um sistema ambiental perante um esforço ou tensão que lhe é imposto. Fonte: Drew, 2014, p. 30.

Hooke (2000, p. 843-846) mostrou que a atuação do homem como agente geomorfológico aumentou de forma exponencial desde o Paleolítico até o presente momento, através das taxas de movimentação de terra pela mineração, pelas várias atividades de construção e pela agricultura. Portanto, os sistemas vêm passando por grandes intervenções humanas, principalmente a partir da Revolução Industrial.

Essas alterações provocadas pelo homem se tornam mais evidentes no estabelecimento das cidades. No ambiente urbano, o relevo sofre mudanças topográficas (cortes, aterros e escavação) para construir estradas e edifícios, alterações hidrológicas e hidrográficas (vazão, sedimentação e erosão), impermeabilização da superfície e criação de sistema de águas pluviais e rede de esgoto (NIR, 1983, p. 113).

Considerando tais fatos, esta pesquisa optou por utilizar a ideia de sistema controlado, tendo em vista que o setor Sul da cidade de Araras-SP apresenta interferência antrópica (agricultura, expansão urbana, canalização do curso fluvial e construção de reservatórios de

contenção – "piscinões") em toda a extensão. O homem ao produzir alterações em certas chaves ou válvulas sobre o sistema processo – resposta desencadeia modificações no sistema em sequência (energia e matéria), repercutindo no sistema morfológico o qual buscará uma nova forma. Assim, nas áreas de expansão urbana, o sistema geomorfológico vai além do seu limiar e passa a buscar um novo equilíbrio, sua nova forma.

Constata-se, portanto, que o homem é um agente geomorfológico (NIR, 1983; GOUDIE, 1981, 2004; HOOKE, 2000; HAFF, 2001), que emprega grande quantidade de força antrópica direta e indireta (HAFF, 2001) para mudar o funcionamento do sistema geomorfológico, ou seja, o seu processo de esculturação.

A abordagem sistêmica é avaliada por Nunes *et al.* (2006, p. 125) como eficiente ao trabalhar com as trocas de energia e matéria do sistema, buscando a ideia de interatividade e conjunção na análise ambiental. Chorley (1973 *apud* NUNES *et al.*, 2006, p. 125) salientou que esta abordagem é um elo entre os aspectos humanos e físicos e que "[...] deveria incorporar as atividades humanas e a perspectiva que elaborasse a análise das ligações entre o meio físico e humano".

Assim, para tentar compreender esta atuação do homem no relevo, surge um ramo na ciência geomorfológica, a geomorfologia antrópica (NIR, 1983) ou antropogeomorfologia (GOUDIE, 2004).

2.2 Uma Breve História da Geomorfologia Antrópica ou Antropogeomorfologia

O entendimento do homem como agente geomorfológico ganha destaque a partir dos anos 1960 (NIR, 1983, p. 3). Contudo, alguns cientistas já tentavam entender como o homem buscava mudar sua condição através da transformação da paisagem (GOUDIE, 1981, p. 1). A obra intitulada *The Human Impact: Man's Role in Environmental Change*, Goudie (1981, p. 1-8) fez um levantamento de pesquisadores, cientistas que se preocupavam com esta temática.

Para Goudie (1981, p. 2), Francis Bacon acreditava que era preciso associar conhecimento com invenção, para que o homem pudesse controlar a natureza. De acordo com Glacken (1963 *apud* GOUDIE, 1981, p. 2), Count Buffon foi o primeiro cientista ocidental a se preocupar com as alterações do homem no meio ambiente e enfatiza que a domesticação dos animais e a agricultura foram algumas das maiores transformações trazidas pelas ações do homem (GOUDIE, 1981, p. 2).

Segundo Goudie (1981, p. 2-3), a partir dos séculos XVIII e XIX, surgem pensadores, cientistas que estavam preocupados com o poder de transformação do homem na paisagem

como Fabre e Surrel, Humboldt, Mary Somerville. Os primeiros, Fabre e Surrel, estudaram a inundação, a sedimentação, a erosão e a divisão dos cursos fluviais acarretados pelo desmatamento nos Alpes, enquanto Humboldt investigou a variação do nível do lago Valencia situado na Venezuela (Vale de Aragua), concluindo que a diminuição do seu nível foi provocada pelo desmatamento, limpeza das planícies e pelo cultivo de índigo (corante azul extraído do indigueiro). Mary Somerville (*apud* GOUDIE 1981, p. 3) demonstrou como o homem provocava mudanças na natureza, tais como: a criação de animais para atender as necessidades do homem poderia levar à destruição de algumas espécies; os grandes cultivos poderiam causar desequilíbrio ecológico, resultando no surgimento de pragas e larvas. Segundo Goudie (1981, p. 3), Charles Lyell, em sua obra *Principles of Geology*, reconheceu e até se referiu ao papel influenciador do homem na natureza principalmente na derrubada de árvores e na drenagem de lagos e pântanos, atividades essas que tendem a mudar a superfície habitável pelo próprio homem. Contudo, esse autor acreditava que a força exercida pelo homem na superfície terrestre era insignificante se comparada à força natural (GOUDIE, 1981, p. 3).

Segundo Goudie (1981, p. 3), esses autores não exploraram em detalhes a influência do homem na natureza. Na visão tanto de Goudie (1981) quanto de Nir (1983), tal fato mudou com a publicação do trabalho de George Perkins Marsh intitulado *Man and Nature* (1864). De acordo com Nir (1983, p. 4), Marsh foi o primeiro a reconhecer o homem como agente, como fator de mudança no meio ambiente. Este autor pesquisou a influência do homem nas florestas (Figura 3), nas águas e nas praias, trazendo grande contribuição para a geomorfologia. Na biologia, o autor se preocupou em estudar o impacto biológico sobre a influência humana (NIR, 1983, p.4).

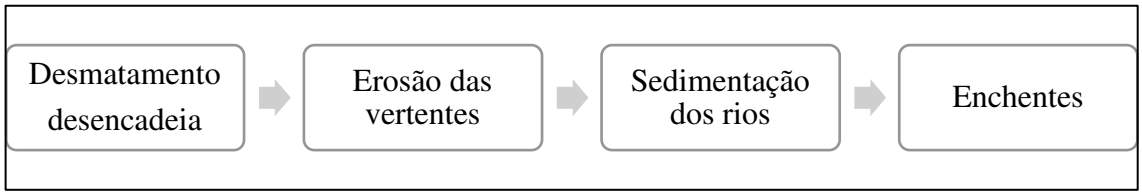


Figura 3 – Fluxograma sobre desmatamento na visão de Marsh. Fonte: NIR (1983, p. 4). Elaborado pela autora.

De acordo com Nir (1983, p.4), Woeikof (1901) foi outro autor que também considerou o homem como agente modificador da natureza. O estudo de Woeikof evidenciou que as ravinas são ocasionadas pelo desmatamento e pela irrigação com a finalidade de suprir as necessidades de comida e de recursos naturais dos grandes centros urbanos que estavam crescendo rapidamente. Cabe destacar que foi o primeiro autor a introduzir valores sociais e iconográficos na geomorfologia antrópica.

Em 1906, no Reino Unido, a *Royal Commission* já investigava a atuação do homem na transformação da paisagem, verificando que as paisagens inglesas estavam sendo esculpidas pela ação antrópica por meio de ações como a abertura de minas, os cortes no relevo para construir rodovias e a drenagem de pântanos (NIR 1983, p. 5).

Para Nir (1983, p. 5), os trabalhos de Fischer (1915)[1] e Sherlock (1922)[2] foram de extrema importância para a geomorfologia antrópica. O primeiro autor, Fischer, tentou estimar o volume de minerais utilizados pelo homem para construção. Sherlock mostrou que não é só a agricultura e pastagem que acarretam impactos: as atividades modernas do século XX como construção de rodovias e ferrovias, abertura de minas (pedra, cascalho, areia, etc.) e gerenciamento costeiro e dos cursos fluviais interferem nos processos e balanços naturais. Ainda, o autor forneceu dados quantitativos para os materiais extraídos, erosão e sedimentação como forma de avaliar a atividade antropogênica na geomorfologia. (NIR, 1983, p. 5-6)

Nas décadas de 1920 e 1930, o homem foi reconhecido como um agente danoso para os solos e a ideia de conservação dos solos começou a se disseminar principalmente nos Estados Unidos da América (NIR, 1983, p. 6). De acordo com Li *et al.* (2016, p. 111), Sauer, em 1931, demonstrou que a atividade antropogênica é um tipo de agente geomorfológico direto, pois tem a capacidade de mudar a denudação e a deposição da superfície.

Na visão de Nir (1983, p. 6), o simpósio internacional *"Man's Role in Changing the Face of the Earth"* realizado em Princeton, EUA, no ano de 1955, deve ser considerado uma referência para a geomorfologia antrópica. Neste simpósio, ficou evidente que os estudos antropogeomorfológicos estavam começando a ser difundidos e ganhando atenção. Nos anos 1960, vários autores começaram a pesquisar esta temática. Nir (1983, p. 7) destacou alguns autores tais como: Zapletal (1960), Diseker e Richardson (1961, 1962), Savini e Kammerer (1961), Keller (1962), Harris e Rantz (1964), Wolman (1967), Wolman e Shick (1967), Leopold (1968), Martins (1968), Seaburn (1969), McPherson (1969) e Brater e Sangal (1969). Mu e Tan (1990 *apud* Li *et al*, 2016, p. 111) trouxeram outros exemplos de trabalhos*: Man as a Geological Agent* de Jennings (1966), *Human Shape the Earth* de Brown (1970)[3], *The Human Influence on the Natural Environment* de Detwyler (1971) e *The Earth and Human Events* de Collier (1972).

[1] Artigo: Der Mensch als geologischer Faktor (NIR, 1983, p. 5)
[2] Livro Man as a Geological Agent (NIR, 1983, p.5)
[3] Separa as ações do homem em diretas (desmatamento, técnicas agrícolas, suavização de vertentes íngremes para construção e aterros para construção de rodovias) e indiretas (cavas de mineração) (NIR, 1983, p.7).

Vale lembrar que autores russos também abordaram esta temática (GOUDIE, 1981, p. 7-8). Gerasimov (1971) pesquisou os efeitos produzidos pela exploração de recursos naturais, poluição e erosão na Rússia. Ainda, avaliou os efeitos do homem na natureza em diferentes contextos. (GOUDIE, 1981, p. 7-8)

É importante destacar o 124 *Annual Meeting of Geological Society of America (GSA)* ocorrido em 2012, que se concentrou na geomorfologia antropogênica, ou seja, nos efeitos da atividade humana na superfície passada e atual (LI *et al*. 2016, p. 111).

Portanto, a geomorfologia antrópica, segundo Rodrigues (2005, p. 101-102), constitui-se no estudo do ambiente que sofre a interferência do homem, seja de forma direta ou indireta nas formas, nos processos e nos materiais superficiais. Para Goudie (2004, p. 25-26), a antropogeomorfologia estuda a ação antrópica na criação de relevos de forma direta ou indireta e a modificação dos processos geomorfológicos, que antes se processavam de forma natural (intemperismo, erosão, transporte e deposição).

> A geomorfologia antropogênica é uma disciplina que investiga o relevo formado pelas atividades humanas na superfície da Terra, com ênfase na constituição dos materiais, origem e distribuição das leis (NIR, 1983 *apud* Li et al., 2016, p. 111, tradução nossa) [4]

Haff (2001, p. 2-3) aborda a antropogeomorfologia de outra maneira, utilizando o termo *Newgeomorphology*, isto é, uma nova geomorfologia. Segundo o autor, a nova geomorfologia abarca estudos fundamentados na geomorfologia clássica e na geologia, estudos esses que incorporam elementos econômicos e de outras ciências sociais. A combinação das forças físicas e sociais resultam na força antrópica (*anthropic force*). Logo, a nova geomorfologia estuda a força antrópica e seus efeitos na paisagem. Para Haff (2001, p.5), a geomorfologia se tornaria uma ciência mais aplicada, buscando fazer previsões para evitar os diversos impactos antrópicos.

> O argumento feito aqui não é que os geomorfólogos deveriam focalizar no fornecimento de conselhos para agricultores ou engenheiros civis, mas que a comunidade geomorfológica deveria direcionar maior atenção para abstrair e unificar os processos que atendam os impactos humanos na paisagem. Isto pode ser feito pela identificação e esclarecimento dos princípios que constitui a base da ação da força antrópica. (HAFF, 2001, p. 13, tradução nossa)[5]

---

[4] Anthropogenic geomorphology is a discipline that investigates relief terrain formed by human activities on the Earth surface, with an emphasis on its material constitution, origin, evolution and distribution laws (NIR, 1983 apud LI *et al.*, 2016, p. 111)

[5] The argument made here is not that geomorphologists should focus on providing advice to farmers or civil engineers, but that the geomorphology community should direct greater attention to abstracting and unifying the processes that attend human impact on the landscape. This can be done by identifying and clarifying the principles that underlie the action of the Anthropic Force. (HAFF, 2001, p. 13)

A partir dos anos 1990 e 2000, vários estudos foram realizados buscando compreender melhor a ação humana na modificação das paisagens por meio de análises temporais, tanto de forma qualitativa quanto quantitativa, além da revisão teórica do assunto.

Na bacia hidrográfica San Diego Creek localizada em Newport Bay (Califórnia-EUA), Trimble (2003) investigou o contexto histórico e geográfico a fim de entender as mudanças hidrográficas e hidrológicas. Esta investigação apontou que esta bacia hidrográfica passou por várias alterações de 1850 a 1993, tais como: drenagem de áreas alagadas e pantanosas para agricultura e irrigação, gerando grandes valas (*ditches*); sedimentação excessiva dos cursos fluviais em função da erosão das valas e do processo de urbanização. Para conter a erosão, foram construídas bacias de contenção e cercas, porém essas medidas não obtiveram sucesso, pois os rios foram dragados por diversas vezes. As consequências da sedimentação excessiva foram danos nas pontes, alargamento dos cursos fluviais, meandros desfigurados ("cortados") pela sedimentação e enchentes (TRIMBLE, 2003).

Rozsa (2007) buscou fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa dos impactos humanos na superfície por meio de revisão bibliográfica de autores dos séculos XX e XXI, demonstrando que o homem é um agente geomorfológico. Os trabalhos utilizados por Rozsa (2007) para quantificar os processos antropogeomorfológicos foram: Nir (1983) para demonstrar as taxas de erosão provocadas pela atividade antrópica (desmatamento, pastagem, lavrar a terra, mineração, construção urbana e de rodovias); Hooke (1994, 2000) e Haff (2003) para mostrar que o homem aumenta a quantidade de terra movimentada em comparação com a dinâmica natural. Já para calcular o impacto potencial humano, citou a equação de I=P.A.T de Erlich (1990), onde I é o impacto ambiental; P é população; A é riqueza per capita e T é fator tecnológico. Entretanto, a sua utilização é complicada por não existir um parâmetro do fator tecnológico (T na equação). Na visão de Rozsa (2007, p. 207), o modelo mais vantajoso para quantificar o potencial de impacto humano é a proposta de Nir (1983):

$$I = \frac{UP + DI}{2} \cdot \frac{1}{100} \cdot (K_c + K_r), \tag{1}$$

Na equação acima (1), I é o índice de potencial antropogeomorfológico; UP é a porcentagem de população urbana, enquanto DI é a taxa de analfabetismo; Kc e Kr são respectivamente condições climáticas e do relevo. Portanto, "a vantagem do índice de Nir é que os dados requeridos podem ser obtidos pela maioria dos países" (ROZSA, 2007, p. 237,

tradução nossa)[6]. Já para qualificar o impacto, Rozsa (2007) citou os trabalhos de Goudie e Viles (2003) e Hooke (2000), com destaque para a fase agrícola (descoberta) e industrial (revoluções).

Na Alemanha, Harnischmarcher (2007, p. 187-191) tentou compreender os impactos diretos e indiretos ocasionados pela atividade de mineração no distrito de Ruhr. Os primeiros estão atrelados aos montes de resíduos da mineração de carvão e às entradas de acesso aos poços de minas ("crateras"), enquanto os segundos se devem à subsidência das calhas de mineração e às cavas de mineração. Como forma de revitalizar este distrito e evitar a subsidência dos terrenos na área de mineração, procedeu-se a canalização e a construção de diques ao longo dos cursos fluviais. Os rejeitos e as cavas de mineração foram transformados em áreas de lazer (parques) para a população, sendo integrados à paisagem existente.

Na Itália, Scorpio *et al*. (2015) buscaram analisar os ajustamentos dos cursos fluviais situados no Sul do país, provocados pelas intervenções naturais e humanas durante 150 anos através de análises de mapas topográficos e fotografias aéreas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Constataram que as intervenções humanas (mudanças na cobertura de florestas, intervenções hidráulicas ao longo dos cursos fluviais e sedimentos da mineração) ocasionaram grandes distúrbios nos rios como estreitamento, entrelaçamento, erosão e sedimentação excessiva em função da construção de barragens, diques e mudanças na cobertura da terra, ao longo do período analisado. Scorpio *et al.* (2015) salientam que esse tipo de estudo é importante para a restauração e gerenciamento dos cursos fluviais.

Tarolli e Sofia (2016) fizeram uma revisão da literatura recente sobre o homem como agente modificador das formas de relevo. Tais autores mostraram que o homem deixa marcas na paisagem, ou seja, assinaturas topográficas humanas (*human topographic signatures*), através das atividades de mineração (cavas, crateras, erosão, subsidência, deslizamentos), da rede de rodovias (erosão, sedimentação, conectividade entre canais e ravinas que geram outros canais) e das práticas agrícolas (erosão dos solos, sistemas de drenagem, terras abandonadas). A identificação dessas assinaturas topográficas humanas pode ser realizada por dados de sensoriamento remoto e topografia de alta resolução (*high – resolution topography – HRT*). Os autores propõem que a quantificação e a avaliação podem ser feitas com dados de diferentes períodos, empregando sistemas computacionais e matemáticos.

[6] The advantage of Nir's index is that the required data can be obtained for most countries (ROZSA, 2007, p. 237)

Nota-se que o homem deixa várias assinaturas topográficas (TAROLLI e SOFIA, 2016) na paisagem, sendo que essas ficam mais evidentes no meio urbano, pois passam por muitas transformações para estabelecer o sítio urbano. A seguir, apresentam-se os principais impactos provocados pelo processo de urbanização.

2.3 Os Efeitos da Urbanização no Relevo

O efeito geomorfológico da concentração de atividades do homem, seja em espaços grandes ou pequenos, é intenso quando comparado aos processos naturais (NIR, 1983, p. 14). Assim, o processo de urbanização exerce muito frequentemente influências negativas no sistema geomorfológico.

Na área urbana, várias atividades e obras modificam as formas de relevo para haver o estabelecimento das cidades, tais como: mudança da área natural para pavimentada (ruas), acarretando distúrbio no estado do equilíbrio geomorfológico (denudação x deposição); uso de materiais construídos; escavações; alterações no equilíbrio hidrológico e hidrográfico; criação de sistemas de drenagem pluvial e de esgoto; e construção de rodovias e áreas de lazer (parques, jardins etc.) para a população (NIR, 1983, p. 113). Segundo Kotlov (1972 *apud* NIR, 1983, p. 113), essas obras reduzem a rede hidrográfica natural e impedem a formação natural dos solos, passando a criar novos solos tanto para jardins quanto para parques.

Atualmente, é difícil uma cidade que não tenha mudado sua topografia original. Essa mudança topográfica ocasiona muita erosão na fase do processo de estabelecimento da urbanização. Segundo Nir (1983, p. 115), o crescimento urbano intervém na topografia original de três maneiras:

- Cortes no relevo;
- Aterros no relevo (rampas e superfícies acima do relevo original);
- Alteração de áreas para construção em ambiente originalmente instável como áreas alagadas, pantanosas e linhas de costa.

Portanto, a topografia original tanto de cidades grandes como pequenas passaram por mudanças para estabelecer a urbanização, produzindo impactos, os quais podem ser compreendidos através de três estágios, na visão de Savini e Kammirer (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 *apud* NIR, 1983, p. 117-120).

O **período suburbano** (transição do pré-urbano para o estágio de urbanização inicial) apresenta um uso da terra predominantemente rural, com algumas construções em equilíbrio

com a força geomorfológica. O aumento da atividade econômica resulta na remoção de árvores e vegetação para a construção de casas com sistema de drenagem (bueiros) e construção de poços e fossas sépticas. Os efeitos desse estágio, na proposta desses autores, citados por Nir (1983), são:

- Diminuição da evapotranspiração devido à retirada da vegetação;
- Diminuição do nível do lençol freático, em razão do aumento do escoamento superficial (SAVINI e KAMMERER, 1961 *apud* GOUDIE, 1981, p. 152);
- Aumento dos processos erosivos nas vertentes, que ocasionam sedimentação excessiva nos cursos fluviais tendo em vista a ausência de vegetação;
- Aumento da contaminação do solo (SAVINI e KAMMERER, 1961 *apud* GOUDIE, 1981, p. 152);

A transição do estágio de urbanização inicial para a segunda fase é designada de **período de construção**. Este período é marcado pelo aumento da construção de casas, pavimentos e sistemas de drenagem (bueiros, bocas de lobo) que empregam técnicas de terraplenagem (corte e aterro). De acordo Savini e Kammirer (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 apud NIR, 1983, p. 117-120), as consequências observadas nesse período são várias, tais como: aumento da erosão nas áreas de construção e, consequentemente, sedimentação dos rios; alguns cursos d'água podem ser eliminados pela remodelação do terreno; aumento das áreas impermeáveis e construção de sistema de drenagem de águas pluviais e de esgoto, o que acarreta diminuição da infiltração e aumento de alagamentos e enchentes. É interessante destacar que o entupimento do sistema de drenagem pelos sedimentos advindos da construção colabora no processo de enchentes e alagamentos.

Esses dois períodos (período suburbano e de construção) são marcados pela erosão do solo provocados pelo desmatamento e pelo processo de construção. Segundo Goudie (1981, p. 135), as taxas de erosão aumentam consideravelmente quando há muito solo exposto, além da ocorrência dos distúrbios produzidos pelos maquinários durante as escavações. O desmatamento é outra situação que aumenta a perda de solo e movimento de massa em magnitude e frequência, principalmente em áreas tropicais e semiáridas (GOUDIE, 1981, p. 127). Assim, "uma séria consequência da erosão acelerada é a sedimentação que acontece nos reservatórios [e rios], encurtando sua vida e reduzindo sua capacidade (GOUDIE, 1981, p. 127, tradução nossa)[7].

[7] One serious consequence of accelerated erosion is the sedimentation that takes place in reservoirs, thereby shortening their lives and reducing their capacity. (GOUDIE, 1981, p. 127)

O último estágio é o **período de urbanização consolidada** (transição da urbanização intermediária para a avançada) o qual se caracteriza por uma nova topografia. As superfícies são impermeáveis, necessitando de um sistema de drenagem (sarjetas, bueiros e bocas de lobo) para escoar as águas pluviais. Os jardins têm vegetação para prevenir a exposição do solo. Os processos erosivos ocorrem pelo aumento do escoamento superficial ocasionado pelas superfícies impermeáveis.

De acordo com Goudie (1981, p. 149-151), os rios passam por canalização e o escoamento superficial das águas ocorre por meio de galerias pluviais nesse estágio. A canalização

> [...] envolve a construção de aterros, diques, *levées* e paredes de contenção para confinar as águas das cheias; e a melhoria dos canais com relação à sua capacidade de transmitir as inundações, ampliando a sua capacidade por meio do alargamento, retilinização, aprofundamento ou suavização. (GOUDIE, 1981, p. 148, tradução nossa)[8]

Goudie (1981, p.149) salienta as desvantagens da canalização:

- Redução das áreas de inundação natural;
- Agravamento dos picos de inundação a jusante, causado pelo excesso de erosão e impermeabilização;
- Obstrução do fluxo de água e da água subsuperficial provocando saturação da superfície;
- Mudança na carga de sedimentos;
- A fauna sente essa mudança por meio do aumento da velocidade da água, redução dos abrigos no leito do rio e diminuição dos nutrientes em função da retirada da vegetação ao longo dos rios.

Segundo Nir (1983, p. 128), as mais importantes mudanças ocasionadas pela urbanização no sistema hidrológico natural são:

1. Importação de água de outras bacias hidrográficas para as necessidades urbanas;
2. Exportação de água pelo sistema artificial devido à diminuição da infiltração;
3. Diminuição da infiltração pela limitação das superfícies permeáveis, resultando no rebaixamento do nível do lençol freático;

[8] This involves the construction of embankments, dikes, levées and floodwalls to confine floodwaters; and the improvement of channels with respect to their ability to transmit floods by enlarging their capacity through straightening, widening, deepening, or smoothing. (GOUDIE, 1981, p. 148)

4. Esgotamento dos recursos de subsuperfície pelo uso intenso do urbano. Tal efeito, contudo, é compensado pelos vazamentos do sistema de drenagem.

No Brasil, as pesquisas antropogeomorfológicas se iniciam a partir da década de 1990. Nesse contexto, o trabalho de Rodrigues (2005, 2010) é importante, pois investiga os efeitos da urbanização no relevo do município de São Paulo e da região metropolitana (RMSP). Essa autora propõe procedimentos de como investigar os efeitos antrópicos no meio físico por meio de uma cartografia geomorfológica evolutiva ou retrospectiva, a fim de identificar a morfologia original e a morfologia antrópica. A primeira morfologia é a que não apresenta alterações significativas pela atividade antrópica de forma direta ou indireta. Segundo Rodrigues (2005, p. 103), "modificação significativa é aquela que já implica em dimensões métricas nos atributos mencionados [extensão, declividade, ruptura e mudança de declive]" (RODRIGUES, 2005, p. 103). Já a morfologia antrópica é detectada pelo padrão do arruamento, densidade de edificações, estágios dos processos de urbanização, distribuição dos materiais superficiais, os cortes e os aterros (terraplenagem) durante a fotointerpretação, entrevistas e trabalhos de campo (RODRIGUES, 2005, p. 106).

As investigações de Fujimoto (2005, p. 78), em uma sub-bacia que pertence à bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (RS) mostraram que a modificação do relevo pela urbanização gera novos padrões na morfodinâmica. A supressão da cobertura vegetal e as alterações do relevo, através da técnica de terraplenagem, para construção de casas e arruamentos acarretam mudança na geometria e na forma da vertente, aumento da declividade e exposição dos materiais. Os arruamentos, mesmo respeitando a topografia, geram um novo padrão de escoamento superficial das águas pluviais, tornando as ruas "verdadeiros leitos pluviais" (FUJIMOTO, 2005, p. 78). No sítio urbano, a impermeabilização do solo ocasiona diminuição da infiltração e transforma o fluxo da água em superfície e profundidade. As canalizações de águas pluviais (bueiros, galerias de águas pluviais) mudam o escoamento natural das águas para "controlado", sendo tal fato notado em dias chuvosos. Os aterros cobrem a vegetação natural e outros materiais, aumentando a altimetria e, por vezes, sua declividade.

Outros autores como Peloggia (2005) e Simon (2007) pesquisaram as alterações antropogênicas em área urbana. Peloggia (2005), pesquisou as alterações antropogênicas no município de São Paulo, buscando comparar o relevo original com o antrópico para verificar as alterações ocorridas ao longo do tempo. Simon (2007) identificou e analisou as transformações ocorridas nas formas de relevo, na rede hidrográfica e na cobertura original pelo uso e ocupação da terra na bacia do Arroio Santa Bárbara, em Pelotas-RS.

Considerando as questões colocadas por diversos autores, é possível afirmar que o rápido crescimento populacional de cidades de grande e médio porte ocasiona a ocupação de áreas impróprias, desconsiderando, muitas vezes, as características do relevo. Portanto, entender a fragilidade do ambiente natural e antropizado é importante a fim de subsidiar o planejamento territorial o qual busca evitar processos erosivos, sedimentação excessiva, deslizamentos de terras, enchentes, subsidência e danos à qualidade de vida da população.

2.4 Fragilidade Física dos Ambientes Naturais e Antropizados

Tricart (1977) propõe uma metodologia que busca analisar o ecossistema e a interferência da sociedade no meio ambiente, através da análise global, integrada, fazendo o uso da abordagem sistêmica. Para tanto, tal autor criou uma metodologia baseada no estudo da dinâmica dos ecótopos designada de **ecodinâmica**. Essa metodologia é uma forma de gestão do recurso ecológico, que busca avaliar o impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema, ou seja, determinar qual é a melhor taxa de extração do recurso natural sem degradar o meio ambiente (TRICART, 1977, p. 32).

Reconhecer a dinâmica dos ecossistemas é importante na conservação e no desenvolvimento dos recursos ecológicos e no próprio funcionamento da biocenose. Desse modo, uma unidade ecodinâmica é definida por apresentar certa dinâmica do meio ambiente com repercussões positivas ou negativas na biocenose (TRICART, 1977, p. 32).

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistema que segundo Tricart (1977, p. 32), consiste

> "[...] no instrumento lógico do sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. Portanto é completamente distinto do ponto de vista estático do inventário". (TRICART, 1977, p. 32)

Segundo Tricart (1977, p. 35), conhecer a dinâmica natural do ecossistema é fundamental para organizar o espaço, pois fica mais fácil corrigir os aspectos desfavoráveis, negativos, facilitando a obtenção dos recursos ecológicos fornecidos pelo meio de forma coerente. Dessa forma, Tricart (1977) dividiu o meio morfodinâmico de acordo com a intensidade do processo que ocorre atualmente, a saber:

- **Meios Estáveis**

Nesse meio, tanto o modelado quanto o processo mecânico evoluem de forma lenta, imperceptível, ou seja, apresentando uma combinação de fatores permanentes que agem na

evolução do meio de forma equilibrada. Esses meios estáveis localizam-se em regiões com as seguintes características conforme Tricart (1977, p. 36):

i. Cobertura vegetal fechada, com a finalidade de evitar o desencadeamento dos processos mecânicos;
ii. Dissecação moderada (sem incisão forte de um rio, por exemplo) e vertentes com evolução lenta;
iii. Ausência de atividade vulcânica.

Portanto, nota-se que este meio apresenta equilíbrio entre as forças geodinâmicas internas e externas, próximo do clímax (TRICART, 1977). Ressalta-se que, no ambiente estável, considerado o balanço pedogênese e morfogênese tende a favorecer a pedogênese.

- **Meios Intergrades**

Segundo Tricart (1977, p. 47), o termo intergrade é utilizado por geólogos para designar transição. Logo, esse meio é uma passagem do meio instável para o estável ou vice-versa. A característica deste meio é a "[...] interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço (TRICART, 1977, p. 47)." Os meios intergrades estão localizados nas zonas de transição biogeográfica, as quais são delicadas e susceptíveis a modificações. O balanço pedogênese e morfogênese está ilustrado pela figura 4.

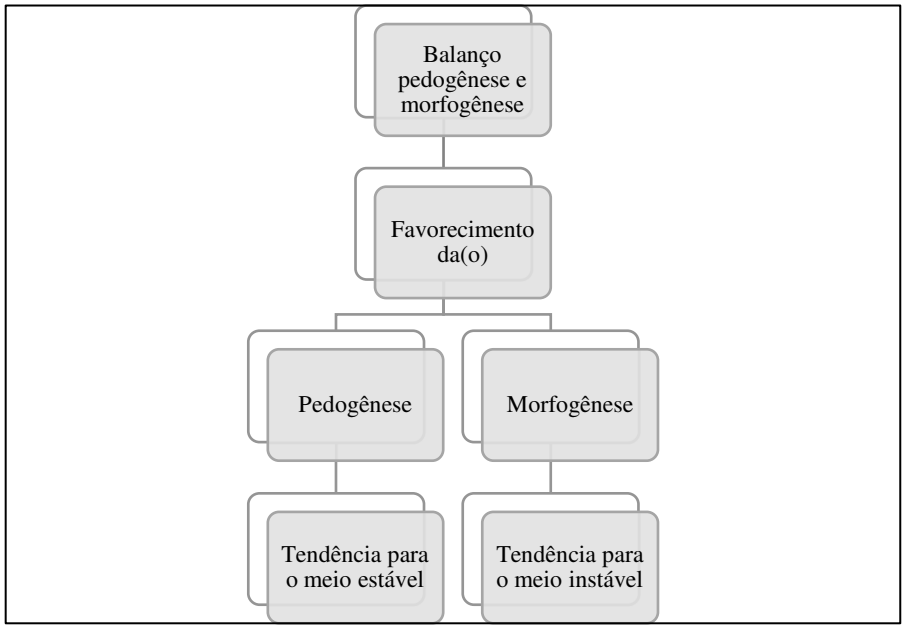


Figura 4. Balanço pedogênese x morfogênese no meio intergrade, na visão de Tricart (1977). Fonte: Tricart (1977). Elaborado e organizado pela autora.

- **Meios fortemente instáveis**

No meio fortemente instável, há o predomínio da morfogênese sobre a pedogênese (TRICART 1977, p. 51). Nesse meio, as condições bioclimáticas extremas (variações fortes e irregulares) e a intensa atividade geodinâmica (tectonismo, vulcanismo e atividade sísmica) acarretam grandes mudanças na paisagem, sendo difícil reconstruir a história, o passado da paisagem devido à destruição dos testemunhos (TRICART, 1977).

A partir dessas ideias de Tricart (1977), Ross (1994) buscou compreender as fragilidades do ambiente, analisando as partes do mesmo de forma integrada para subsidiar o planejamento físico territorial. Para entender melhor a potencialidade e a fragilidade do meio, Ross (1994) introduziu novos critérios para delimitar as unidades ecodinâmicas estáveis, que estão em equilíbrio dinâmico, e as instáveis, em desequilíbrio (TRICART, 1977).

De acordo com Ross (1994, p. 66), as **unidades ecodinâmicas instáveis** ou de **instabilidade emergente** sofrem a interferência humana, através de desmatamentos e de outras atividades econômicas. Enquanto as unidades **ecodinâmicas estáveis** ou de **instabilidade potencial** apresentam equilíbrio dinâmico e foram resguardadas da ação antrópica, ou seja, é um sistema que funciona "próximo do seu estado natural". Tanto as unidades de instabilidade emergente quanto as unidades de instabilidade potencial são classificadas por meio de uma hierarquia que varia de "muito fraco" a "muito forte" (ROSS, 1994).

Para analisar a fragilidade do meio, é necessário fazer estudos sobre o relevo, pedologia, uso da terra e clima da área (ROSS, 1994, p. 66-68). Os produtos cartográficos intermediários essenciais para produzir a carta de fragilidade do meio são:

- Carta geomorfológica: quando a escala de análise é de média a pequena, utiliza-se a informação de rugosidade topográfica ou índices de dissecação. Se a escala do trabalho é de detalhe (grande), sugere-se fazer o uso das formas de vertente e declividade;
- Carta de erodibilidade do solo: tal produto é importante para analisar a fragilidade ou erodibilidade do solo, a qual deve considerar o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais;
- Carta de uso da terra e cobertura vegetal: para identificar quais usos protegem melhor os solos, através de uma hierarquia em ordem decrescente.

Segundo Ross (1994, p. 69), as informações das cartas devem ser cruzadas. Primeiro, deve-se cruzar as informações da carta geomorfológica com a carta de erodibilidade do solo. Após, aplicar o mesmo procedimento e utilizá-los com os dados de uso da terra e cobertura vegetal. Outra forma de relacionar essas informações é classificando as classes temáticas de cada carta de 1 a 5, sendo 1 mais fraco e 5 mais forte.

Constata-se que a carta de fragilidade ambiental é um documento de relevância, pois é uma síntese dos elementos naturais, evidenciando quais são as unidades de um território que apresentam potencialidades e fragilidades (natural e de ambientes antropizados) para o estabelecimento de uma atividade (agrícola, pecuária etc.) ou de um empreendimento (indústria, loteamentos de casas etc.). Tal documento é essencial para planejar o território, buscando conciliar desenvolvimento econômico, social e ambiental.

A aplicação da proposta de Ross (1994) foi realizada por Silveira (2009; 2013), Thomazini (2013, 2017), Mendes (2015) e Franzin (2017), demonstrando sua importância no entendimento da fragilidade do meio físico para o meio urbano. Contudo, esses autores fizeram algumas adaptações para analisar as áreas urbanizadas.

Silveira (2013) fez algumas adaptações na proposta de Ross (1994) para avaliar os níveis de restrição do relevo ao uso urbano na bacia hidrográfica Córrego da Ondas, em Piracicaba-SP. Para compreender a fragilidade física do meio, utilizou a carta de energia do relevo (confeccionada a partir das cartas de: declividade, dissecação horizontal e vertical), carta de materiais inconsolidados [adaptação dos trabalhos de Zuquette et al (1994); Pejon e Zuquette (1997)] e dados geológicos. Após confeccionar essa carta, integrou-a às cartas geomorfológicas e de uso e ocupação da terra em diferentes períodos e a carta de derivações ambientais e transgressões legais (sugestão de MOROZ, CANIL e ROSS, 1994). Thomazini (2017) realizou algumas alterações na proposta de Ross (1994) para construir a carta de fragilidade física (uso de cartas de concentração de escoamento, materiais inconsolidados e energia do relevo), auxiliando na orientação da expansão urbana da bacia hidrográfica do córrego do Pau d'Alho no município de Bauru-SP. Mendes (2015) também aplicou a sugestão de Ross (1994) para subsidiar o planejamento do setor leste da cidade de Rio Claro-SP, porém inseriu as feições erosivas e as restrições legais ao uso antrópico na carta de fragilidade do meio físico. Já Franzin (2017) aplicou a proposta de Ross (1994) e as sugestões de Silveira (2013) e Mendes (2015) para confeccionar a carta de fragilidade do meio físico para o setor oeste da cidade e Rio Claro-SP.

Dessa forma, a presente pesquisa tomou como base a proposta de Ross (1994) e as sugestões de Silveira (2013) e Mendes (2015) para entender a fragilidade física do meio e

propor os níveis de restrição ao uso urbano para o setor sul da cidade de Araras-SP, constituída por uma área de expansão urbana. Logo, as informações utilizadas na elaboração da carta de fragilidade física foram os dados de declividade (ROSS, 1994), de materiais inconsolidados (SILVEIRA, 2013) tendo em vista que o mapa geológico é de pouco detalhe (escala 1:50.000) e das feições erosivas extraídas das cartas geomorfológicas de 1962 a 2016 (MENDES, 2015) como forma de propor os pesos (ZANATTA, 2018) para as variáveis. Enquanto, para a carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano foram utilizados os dados de fragilidade física (SILVEIRA, 2013), de uso e ocupação da terra-2016, aplicação da legislação (SILVEIRA, 2013) e a sequência das feições erosivas para estabelecer o peso dessas variáveis (ZANATTA, 2018).

Destaca-se, ainda, que foi utilizado somente o conceito de **instabilidade emergente,** conforme proposto por Silveira (2013), tendo em vista que a área de estudo apresenta atuação antrópica em toda a sua extensão. As técnicas utilizadas para a construção dos produtos cartográficos citados são apresentadas a seguir.

3 TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS

A base cartográfica (3.1), a carta de declividade (3.2), a carta geomorfológica (3.3), a carta de uso e ocupação da terra (3.4), a carta de material inconsolidado (3.5), a carta de fragilidade física, (3.6), a carta de derivações ambientais e transgressão legal (3.7) e a carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (3.7) foram confeccionadas em meio digital fazendo o uso do *software* ArcGIS® versão 9.2. Todas as cartas supracitadas foram elaboradas no *Datum* SIRGAS 2000, no sistema de coordenada UTM, fuso 23, na escala 1:10.000.

A figura 5 sintetiza o desenvolvimento das atividades da pesquisa bem como os autores e suas orientações na confecção dos produtos cartográficos.

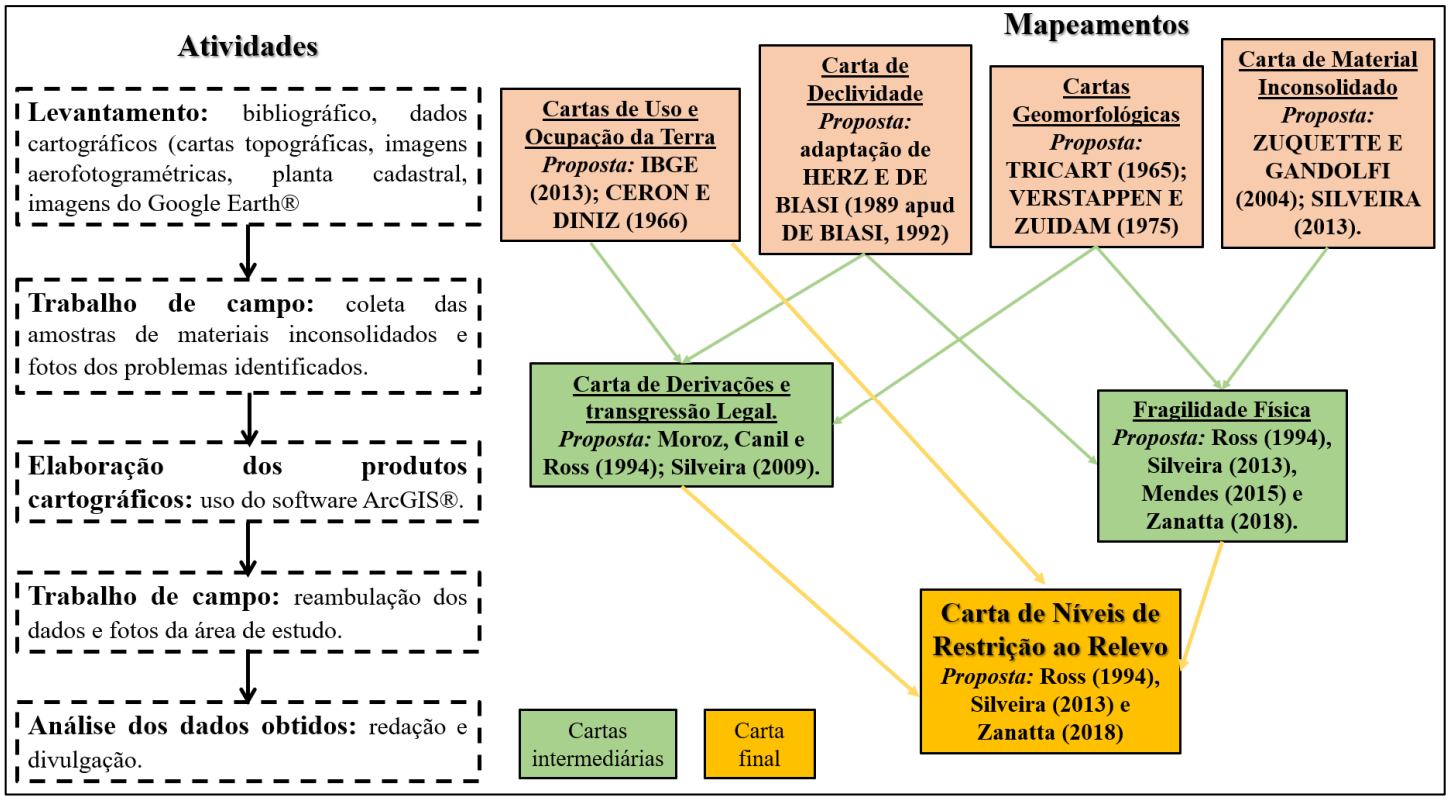


Figura 5 – Síntese do desenvolvimento das atividades de pesquisa e dos mapeamentos. Elaborado e organizado pela autora.

3.1 Base Cartográfica e Produtos Cartográficos

As curvas de nível, pontos cotados e drenagem (cursos fluviais) foram obtidas por meio das cartas topográficas com equidistância de 5 metros, na escala 1:10.000 executadas pelo Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Economia e Planejamento – Coordenadoria de Ação Regional, Divisão de Geografia – Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979) (Quadro 2). Tais cartas estavam no formato analógico e foram disponibilizadas pela mapoteca

do Departamento de Geografia (DG) e pelo Laboratório de Geotecnologias e Cartografia (GeoCarto) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) câmpus de Rio Claro-SP. Essas cartas foram digitalizadas em formato *.JPG* para posterior vetorização dos dados.

A malha urbana (sistema viário e quadras) foi exportada para o *software* ArcGIS®, pois o arquivo cedido pela Secretaria Municipal de Planejamento, Gestão e Mobilidade do Município de Araras-SP encontrava-se no formato *.DWG* (versão do programa AutoCAD®), sendo transformado para *shapefile* (*.shp),* extensão do *software* ArcGIS®. Destaca-se que esta malha serviu de base para a elaboração das cartas do cenário de 2016, enquanto as malhas urbanas de outros períodos (1962, 1978, 1988, 1997 e 2010) foram construídas a partir da fotointerpretação das imagens aerofotogramétricas e ortofotos. O quadro 1 mostra em detalhes esses materiais que tiveram extrema importância tanto para a construção da malha urbana quanto para a elaboração das demais cartas temáticas dos anos citados. Ressalta-se que as imagens do Google Earth® foram utilizadas para atualizar as informações (geomorfológicas e uso da terra) para o período de 2016, sendo amplamente reambuladas em campo.

3.2 Carta de Declividade

A carta de declividade tem o objetivo de "[...] quantificar a inclinação ou declive do terreno" (CUNHA, 2001, p. 42). Segundo De Biasi (1992, p. 45), esse tipo de informação é de suma importância para o planejamento regional, urbano, agrário e de estudos da ciência da Terra.

Para se obter a declividade, segundo De Biasi (1992, p.48), é preciso relacionar as classes escolhidas e os espaçamentos entre as curvas de nível, empregando a fórmula (2):

$$D = n/E \times 100 \qquad (2)$$

Onde:

D: declividade em porcentagem (%)

E: distância entre duas curvas de nível em metros (m)

n: equidistância das curvas de nível

Produtos cartográficos	Articulação dos produtos	Escala	Elaboração	Disponibilizado(a) pelo (a)
Cartas Topográficas	Carta Topográfica Araras I SF - 23 - Y- A - II - 3 - NO - F;	1:10.000	Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Economia e Planejamento	Laboratório de Geotecnologias e Cartografia (GeoCarto) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN).
	Carta Topográfica Araras II SF - 23 - Y - A - II - 3 - NE - E;	1:10.000	Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Economia e Planejamento	Laboratório de Geotecnologias e Cartografia (GeoCarto) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN)
	Carta Topográfica Araras III SF - 23 - Y - A - II - 3 - SO - B;	1:10.000	Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Economia e Planejamento	Laboratório de Geotecnologias e Cartografia (GeoCarto) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN)
	Carta Topográfica Fazenda Santo Antônio SF - 23 - Y - A - II - 3 - SE - A;	1:10.000	Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Economia e Planejamento	Mapoteca do Departamento de Geografia (DG)

Quadro 1 – Cartas topográficas e produtos do sensoriamento remoto utilizados para elaboração das cartas temáticas – parte I. Elaborado e organizado pela autora.

Produtos cartográficos	Articulação dos produtos	Escala	Elaboração	Disponibilizado(a) pelo (a)
Fotografias Aéreas	Ano 1962 Região 5: fotos de números 10400, 10401, 10402, 10577, 10578 e 10579	Escala aproximada 1:25.000	Prospec S.A. - Geofoto S.A.	Instituto Cartográfico e Geográfico do Estado de São Paulo (IGC)
	Ano 1978 Faixa 08: 2451, 2452, 2453, 2454 Faixa 09: 2508, 2509, 2510, 2511	Escala aproximada 1:35.000	TerraFoto S.A.	Instituto Cartográfico e Geográfico do Estado de São Paulo (IGC)
	Ano 1988 Faixa 45C: 4, 5, 6 Faixa 46A: 12, 13, 14	Escala aproximada 1:40.000	TerraFoto S.A.	Instituto Cartográfico e Geográfico do Estado de São Paulo (IGC)
	Ano 1997 Número das fotos: 172, 173, 174; 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 95, 96, 97, 98, 99, 100; 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65.	Escala aproximada 1:8.000	Base Aerofotogrametria e Projetos S.A.	Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade do Município de Araras (SP).
Ortofotos	Ano 2010 Articulação: SF - 23 - Y - A - II - 3 - NO; SF - 23 - Y - II - 3 - NE; SF - 23 - Y - A - II - 3 - SO; SF - 23 - Y - A - II - 3 - SE.	Escala aproximada 1:25.000	Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (Projeto Mapeia São Paulo	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA).
Imagens do Google Earth Pro ®	Ano de 2016. Foram baixadas no total 60 imagens.	Sem escala. Buscou ter uma altitude do ponto de vista até no máximo 2 metros.	Digital Globe®	Software Google Earth Pro®

Quadro 1 – Cartas topográficas e produtos do sensoriamento remoto utilizados para elaboração das cartas temáticas – parte II. Elaborado e organizado pela autora.

Nesta pesquisa, a definição das classes de declividade seguiu a proposta de Herz e De Biasi (1989 *apud* DE BIASI, 1992, p. 47), realizando-se algumas alterações para se adequar a legislação atual, a saber:

- Lei federal 12.651/2012 – Código Florestal (proteção da vegetação nativa);
- Lei federal 6.766/1979 – Lei Lehman (parcelamento do solo urbano);
- Lei complementar municipal número 3.902/2006 – (parcelamento do solo urbano e urbanizações especiais do município de Araras – SP).

A menor classe de declividade de acordo com os autores citados por De Biasi (1992, p. 47) pode ser inferior a 5%. Contudo, optou-se por definir a menor classe, nesta pesquisa, em < 2% tendo em vista que este intervalo não é favorável ao escoamento superficial das águas, podendo provocar enchentes. Para a determinação da segunda classe (2% |- 5%), tomou-se por base o princípio dos autores, ou seja, intervalo propício para a instalação das estruturas urbanas. Nos terrenos com declives entre, 5% |- 12%, ainda há possibilidade de urbanização, entretanto 12% constitui-se no limite máximo para o uso de máquinas agrícolas. Já a classe de 12% |- 30% tem o limite de 30% estabelecido em função da lei 6.766/1979:

> Capítulo I – Disposições Preliminares
> [...]
> Art.3º Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.
> Parágrafo único – Não será permitido o parcelamento do solo:
> I – em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
> [...]
> III – em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências especificas das autoridades competentes;
> [...] (BRASIL, 1979)

A lei complementar municipal de número 3.902/2006 também faz ressalvas para o parcelamento do solo urbano:

> TÍTULO II
> DA URBANIZAÇÃO
> CAPÍTULO I
> DO PARCELAMENTO DO SOLO
> SEÇÃO II
> DOS TERRENOS A URBANIZAR
> [...]
> Art.8º) – Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zona urbana ou de expansão urbana
> §1º - Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos
> [...]

> III-Com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas as exigências técnicas formuladas pela Prefeitura. (ARARAS, 2006, p. 39)

O quarto intervalo de 30% |- 45% tem o limite superior em função de limitar o corte raso, sendo necessário manter a cobertura florestal (HERZ. R e DE BIASI, 1989 *apud* DE BIASI, 1992, p. 47). O novo código florestal (lei 12.651/2012) indica:

> [...]
> Capítulo III
> DAS ÁREAS DE USO RESTRITO
> [...]
> Art. 11. Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social. (BRASIL, 2012)

A última classe de declividade, ≥ 45%, não pode apresentar uso, pois constitui-se em área de preservação permanente (APP) conforme os incisos do Capítulo II Das Áreas de Preservação Permanente, Da Seção I Da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente.

Desta maneira, a carta de declividade foi composta por seis classes (Quadro 2).

Cor	Classes	Parâmetros
	< 2%	Urbanização restrita - áreas sujeitas a inundações (fundos de vale e planícies de inundação) (MENDES, 2015)
	2% |- 5%	Urbanização com baixa restrição (DE BIASI, 1992);
	5% |- 12%	Urbanização permitida; limite máximo para o emprego da mecanização na agricultura (DE BIASI, 1992)
	12% |- 30%	Limite máximo para urbanizar sem restrições previsto na legislação (lei 6.766/1979).
	30% |- 45%	Limite máximo para corte raso e utilização de forma sustentável, sendo vedada a conversão de novas áreas (utilidade pública e interesse social).
	≥45%	Uso restrito - previsto pela lei 12.651/2012: preservação de áreas vegetadas em encostas com inclinação maior que 45º e topos de morros, montes e serras com altura mínima de 100 metros e inclinação média de 25º.

Quadro 2 – Classes de declividade. Fonte: Lei 12.651/2012; Lei 6.766/1979; Lei complementar municipal 3.902/2006; HERZ. R e DE BIASI, 1989 apud DE BIASI, 1992, p. 47. Elaborado e organizado pela autora.

Após definir as classes de declividade, iniciou-se a elaboração da carta no *software* ArcGIS®. Para elaborar este produto, é necessário ter as curvas de nível (formato *polyline*), pontos cotados (formato ponto), cursos fluviais (formato *polyline*) transformados em linhas de quebra, lagos (formato polígono) e limite da área de estudo (formato polígono). Criou-se um *buffer* de 100 metros por meio do comando: *ArcToolbox window* > *Analysis Tools* > *Proximity*

> *Buffer* para além do limite da área de estudo a fim de minimizar os erros no processo de triangulação, seguindo as orientações de Mendes (2015) e Franzin (2017). Ressalta-se que os dados foram vetorizados a partir do limite do *buffer*.

Para gerar o modelo numérico do terreno (MNT), foi elaborado o *Triangular Irregular Network* (*TIN*) da área de estudo, a partir das curvas de nível, pontos cotados, cursos fluviais (linhas de quebra) e *buffer* de 100 metros, através do comando: *Arctoolbox*> *3D Analyst Tools*> *Data Management*> *TIN*> *Create Tin*. Em *Tag Field*, é necessário inserir o atributo (o valor) das curvas de nível, das linhas de quebra (curso fluvial) e dos pontos cotados, os quais foram inseridos durante o processo de vetorização na tabela de atributos (*Open Attribute Table*). Tal ação só é possível se o comando *editor* estiver ativado para fazer a marcação dos valores numéricos dos dados vetoriais.

A criação do mapa declividade no *software* ArcGIS® foi gerado anteriormente com base no MNT. O acesso às propriedades do MNT é feito da seguinte forma: *Layer* > *Properties*> *aba Symbology*. É preciso desmarcar as opções *Edge Types* e *Elevation*, após clicar em *Add...*, escolher a opção *Face Slope with Graduated Color Ramp* e selecionar **classificação manual**, determinando **6 classes** (Quadro 4). Vale lembrar que os valores das classes de declividade devem ser inseridos em graus (º), conforme sugestão de Mendes (2015). Os valores (Tabela 1) foram calculados utilizando-se uma calculadora disponível na internet (https://jumk.de/calc/angulo-pt.shtml).

Declividade	
Graus (°)	**Porcentagem (%)**
1,14	< 2%
1,14001 |- 2,86000	2% |- 5%
2,86001 |- 6,84000	5% |- 12%
6,84001 |- 16,70000	12% |- 30%
16,70001 |- 24,22000	30% |- 45%
24,22001 |- 45	≥ 45%

Tabela 1 – Valores da declividade em graus (º) e em porcentagem (%) da área de estudo. Elaborado e organizado pela autora.

O processo de triangulação não ocorre de maneira correta nos fundos de vale, nos topos e, também, nas crenulações das curvas de nível, sendo necessário corrigir este erro a fim de ficar mais próximo da realidade. Para amenizar este erro nos fundos de vale (áreas envolvidas pela mesma curva de nível), criaram-se linhas de quebra para cada trecho dos cursos fluviais envolvido por curvas de nível de mesmo valor, com o propósito de o *software* realizar a triangulação, diminuindo essas distorções. A figura 6 mostra como foram calculados esses valores e o resultado final nos fundos de vale. Cabe destacar que foram necessárias algumas

correções manuais no fundo de vale, principalmente naquelas curvas de nível que apresentam irregularidades. Para tanto, a orientação de Sanchez (1993) também foi utilizada nessas correções, a qual pondera que a equidistância da curva de nível em topos e fundos de vales deve ser a metade para que o resultado final da declividade, nessas áreas, seja próximo do real.

Em relação às irregularidades encontradas nas curvas de nível, essas foram corrigidas de forma manual, ou seja, "[...] editando as triangulações que apresentam erros, a partir da seleção *Triangle TIN* com o botão direito, *edit*, alterando o campo de atributo [...]" (FRANZIN, 2017, p. 28). O valor da declividade é medido de forma manual (com o uso da fórmula de De Biasi 1992) e depois se altera o valor no campo de atributo.

Essas correções realizadas na carta de declividade são importantes, pois essa informação deve ficar o mais próximo da realidade do terreno.

3.3 Cartas Geomorfológicas

O mapa geomorfológico é um documento que deve conter informações de morfometria, morfografia, hidrografia, litologia, estrutura, idade e processos/gênese (GUSTAVSSON *et al.*, 2006, p. 92). Este mapa comunica todas essas informações, as quais são úteis para diversas aplicações, tais como mapas de riscos, uso para o planejamento e conservação da natureza, atendimento dos propósitos às obras de engenheira, entre outros (GUSTAVSSON *et al.*, 2006, p. 91).

Entretanto, essa grande quantidade de informações, que devem constar no mapa geomorfológico, gera uma complexidade que "[...] é inerente ao próprio objeto de representação." (CUNHA, 2001, p. 2; PASCHOAL, 2010, p. 36). Para Gustavsson *et al* (2006, p. 92), o mapa geomorfológico é resultado de escolhas, ou seja, mapeia-se o que é mais importante para atingir o objetivo da pesquisa ou de trabalhos técnicos. Assim, segundo Gustavsson *et al* (2006, p.92), as escolhas do mapeamento geomorfológico devem estar relacionadas principalmente à(s):

- Extensão e história da área;
- Escala do mapeamento;
- Características geomorfológicas prioritárias da área.

Nesta pesquisa, optou-se por mapear as formas de vertentes e interflúvios, ação das águas correntes e o modelado antrópico, pois a área de estudo encontra-se em um setor periurbano, onde os diversos usos da terra (agrícola e de expansão urbana) acarretaram o

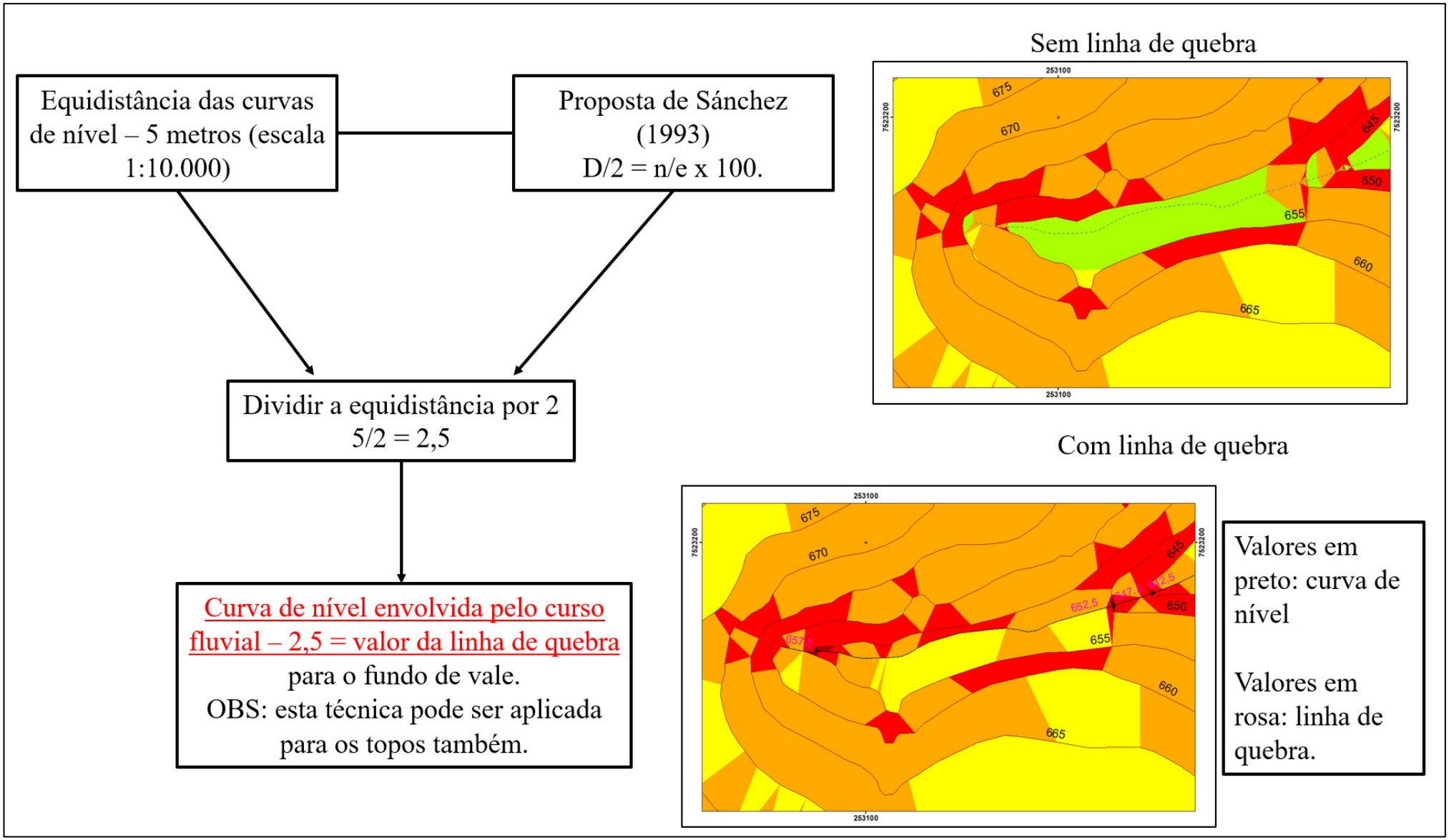


Figura 6 - Cálculo da linha quebra para os fundos de vale e o resultado na carta de declividade com correção. Elaborado pela autora.

surgimento de diversas feições geomorfológicas. Portanto, o mapeamento, na escala 1:10.000, buscou priorizar principalmente a identificação do modelado antrópico.

Dessa forma, a construção das cartas geomorfológicas foi realizada a partir da fotointerpretação de pares estereoscópicos das fotografias aéreas do ano de 1962, 1978, 1988 e 1997, das ortofotos de 2010 e por meio das imagens do Google Earth® de 2016 (Quadro 2), com atualizações em campo, seguindo a proposta de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975).

No entanto, as fotografias aéreas do ano de 1962 não apresentam estereoscopia adequada, ou seja, recobrimento lateral (cerca de 20% a 30%) e longitudinal (aproximadamente 50% a 60%), para que seja possível visualizar o relevo em três dimensões (FITZ, 2008, p. 109-110).

Portanto, em algumas partes da área de estudo não foi possível obter estereoscopia, dificultando a identificação de algumas feições geomorfológicas, tais como rupturas topográficas (suaves e abruptas). Em relação às fotografias aéreas dos anos de 1978, 1988 e 1997 (Quadro 2), essas apresentaram estereoscopia de excelente qualidade.

Para visualizar as três dimensões do relevo e otimizar o tempo, empregou-se a técnica do *anáglifo*, que consiste na:

> [...] sobreposição de fotografias estereoscópicas em cores complementares (vermelho e azul-esverdeado), que observado com o uso de óculos especiais de lentes coloridas provoca a percepção de profundidade. (SOUZA e OLIVEIRA, 2012, p. 1349).

A confecção dos *anáglifos* foi realizada no *software* gratuito *Stereo Photo Maker,* seguindo as orientações de Souza e Oliveira (2012) para as imagens de 1962 (de forma parcial), 1978, 1988 e 1997. Cabe ressaltar que o *software* gera os *anáglifos* no sentido leste-oeste ou oeste-leste. Logo, é importante atentar-se ao sentido do aerolevantamento e da direção norte das fotografias aéreas, para que seja possível elaborar os *anáglifos* de forma correta.

Todavia, esta técnica não foi utilizada para as ortofotos do ano de 2010 e para as imagens do Google Earth® por não possuírem estereoscopia. Essa falta dificultou a identificação das rupturas topográficas as quais foram detectadas por meio de intensos trabalhos de campo. A sequência das rupturas topográficas detectadas nos mapeamentos de 1962, 1978, 1988 e 1997 foi importante. As rupturas suaves e abruptas serviram de base, assim como os trabalhos de campo, para mapear as mesmas nos cenários de 2010 e 2016. As rupturas topográficas antrópicas detectadas em 1962, 1978, 1988 e 1997 foram transpostas para anos que não possuíam estereoscopia tendo em vista que essas apresentaram o mesmo padrão por estarem

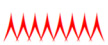
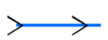
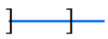
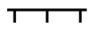
associadas às obras de engenharia no meio urbano. O trabalho de campo também foi essencial para conferir essas rupturas antrópicas.

Os *anáglifos* gerados foram georreferenciados a partir das cartas topográficas, as quais se encontram no *Datum Corrego Alegre* zona 23S (Quadro 2), criando pontos de controle entre as fotografias aéreas e as cartas topográficas. Vale salientar que as ortofotos cedidas pela EMPLASA S/A já possuíam georreferenciamento dentro dos padrões cartográficos atuais (*Datum* SIRGAS 2000). As imagens do Google Earth® foram georreferenciados por meio das ortofotos, além de pontos de controle obtidos através do Google Earth®, os quais foram transformados para SIRGAS 2000, uma vez que este *software* se referencia ao *datum* WGS 1984. Destaca-se que, após a finalização da identificação das formas e feições geomorfológicas (1962, 1978, 1988 e 1997), o *datum* de cada arquivo vetorial foi transformado para o *datum* SIRGAS 2000 zona 23S coordenada UTM, atendendo ao decreto 4740/2003 estabelecido pelo IBGE.

Os símbolos (Quadro 3) utilizados para indicar as feições geomorfológicas tanto naturais quanto antrópicas seguiram as propostas de Tricart (1965), de Verstappen e Zuidam (1975), de Rodrigues (2005), de Simon (2007), de Silveira (2009), de Zanatta (2014) e de Mendes (2015). A simbologia de Rodrigues (2005), de Simon (2007) e de Silveira (2009) representaram as alterações da ação antrópica nos cursos fluviais, como saída de drenagem, retilinização e canalização dos mesmos, respectivamente. Já os símbolos propostos por Zanatta (2014) e Mendes (2015) foram utilizados com a finalidade de evidenciar o padrão do sistema de drenagem das águas pluviais (bacias de contenção e canais artificiais, respectivamente) criado ao longo das rodovias e dos novos loteamentos (bacias de contenção), principalmente para os cenários mais recentes (2010 e 2016). Para diferenciar os aterros e cortes e facilitar a leitura dessas feições no mapa, empregou-se a cor amarela para os aterros e a vermelha para os cortes. Essa ideia também foi empregada para distinguir as vertentes côncavas e convexas (cor preta) das vertentes cuja forma foi alterada pela ação antrópica (vermelha) (Quadro 4).

A elaboração das simbologias ocorreu no *software* ArcGIS®, seguindo as sugestões de Paschoal, Conceição e Cunha (2010), cujo trabalho mostra de forma detalhada os procedimentos para a construção das mesmas. Entretanto, a preparação das simbologias passou por algumas alterações, principalmente em relação ao tamanho para adequar-se ao *layout* do mapeamento geomorfológico. Salienta-se também que a identificação e a vetorização devem ocorrer na escala de trabalho, para que não haja erros e prejuízos na carta final.

A quantificação de cada feição geomorfológica foi realizada por meio do comando: *Open Attribute Table*> Botão direito do mouse na coluna criada (*Table Options*>*Add Field*....

Formas de vertentes e interflúvios	**Vertente**	Convexa		Verstappen e Zuidam (1975)
		Côncava		Verstappen e Zuidam (1975)
		Retilínea		Verstappen e Zuidam (1975)
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa		Verstappen e Zuidam (1975) - adaptação Zanatta (2014)
		Sulco erosivo		Tricart (1965)
		Ravina		Tricart (1965)
		Voçoroca		Tricart (1965)
	Feições topográficas	Caimento topográfico		Tricart (1965)
		Curva de nível		Tricart (1965)
		Ponto Cotado		Tricart (1965)
Ação das águas correntes	**Feições hidrográficas**	Canal fluvial		Tricart (1965)
		Canal pluvial		Tricart (1965)
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)		Tricart (1965)
		Fundo de vale plano (])		Tricart (1965)
		Ruptura topográfica suave		Adaptado de Tricart (1965)
		Ruptura topográfica abrupta		Adaptado de Tricart (1965)
Modelado Antrópico	Aterro			Tricart (1965)
	Corte			Tricart (1965)
	Ruptura topográfica antrópica			Mendes (2015)
	Canal fluvial retilinizado			Simon (2007)
	Canal fluvial canalizado			Silveira (2009)
	Canal artificial para escoamento de águas pluviais			Mendes (2015)
	Saída de drenagem			Rodrigues (2005)
	Vertente convexa antrópica			Adaptação de Verstappen e Zuidam (1975)
	Vertente côncava antrópica			Adaptação de Verstappen e Zuidam (1975)
	Terraço agrícola			Tricart (1965)
	Bacia de contenção			Zanatta (2014)
	Limite do reservatório de retenção - "piscinões"			Elaborado para esta pesquisa

Quadro 3 - Simbologias utilizadas nos mapeamentos geomorfológicos. Elaborado e organizado pela autora.

Na janela *Add field*, no campo *name* preencher área e, depois, no espaço *type*, deve escolher a opção *double*. Para realizar o cálculo dos arquivos vetoriais, é necessário clicar com o botão direito do mouse em cima da coluna criada e navegar até a opção *Calculate Geometry.* Os dados obtidos através desta operação foram transformados em gráficos e tabelas.

3.4 Cartas de Uso e Ocupação da Terra

O levantamento de dados sobre o uso e ocupação da terra foi de grande importância para analisar o processo de ocupação da área de estudo, ou seja, para detectar os diferentes estágios do processo de urbanização e consequentemente entender os impactos ocasionados pelos diferentes padrões de uso no período analisado.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013, p. 36), o levantamento de dados sobre a cobertura da terra tem a finalidade de mostrar a distribuição geográfica dos diferentes usos através dos padrões homogêneos de cobertura. Esse processo de identificação envolve tanto trabalhos de campo como de gabinete, buscando espacializar e analisar a cobertura da área de estudo.

Dessa forma, a identificação dos diferentes padrões de usos da terra seguiu a orientação de Ceron e Diniz (1966, p. 65-66) para interpretar as fotografias aéreas de 1962, 1978, 1988 e 1997, as ortofotos de 2010 e as imagens do Google Earth®, por meio das chaves de identificação, que têm como parâmetros: cor, textura, forma da parcela, dimensão da área cultivada, dimensão dos campos de cultivo, altura, espaçamento, restos de colheita e arranjo espacial.

A definição das classes de uso e a construção da legenda foram baseadas nas sugestões do manual técnico de uso da terra do IBGE (2013, p. 147), sofrendo algumas alterações para se ajustarem aos objetivos da pesquisa, com a finalidade de mostrar a evolução da urbanização e das principais culturas no período analisado. Essas classes foram agrupadas conforme a proposta do IBGE (2013, p. 147), porém sendo especialmente adaptadas para esta pesquisa:

- Áreas antrópicas não agrícolas: destinadas às classes de áreas urbanas, complexos industriais, às áreas de mineração e a outras coberturas não agrícolas;
- Áreas antrópicas agrícolas: referem-se às lavouras permanentes, temporárias, pastagens e à silvicultura;
- Áreas de vegetação: atribuída à vegetação natural;
- Águas: rios e corpos hídricos produzidos pelo homem.

Portanto, o quadro 4 sintetiza o agrupamento das classes assim como as características que foram consideradas no processo de detecção das mesmas e as cores estabelecidas para cada uso. A identificação e a vetorização dessas classes ocorreram de forma manual em ambiente digital no *software* ArcGIS®, criando-se arquivos vetoriais no formato polígono para cada classe em 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016. O levantamento quantitativo de cada classe foi realizado por meio do comando: *Open Attribute Table*> Botão direito do mouse na coluna criada (*Table Options*>*Add Field...*)> *Calculate Geometry*, os quais foram transformados em gráficos e tabelas.

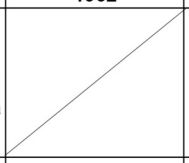
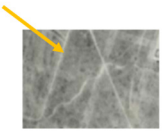
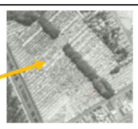
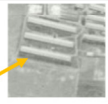
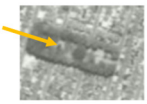
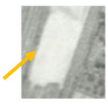
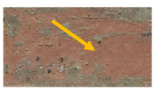
3.5 Carta de Materiais Inconsolidados

A carta de material inconsolidado foi organizada e elaborada, utilizando os princípios da cartografia geotécnica de Zuquette e Gandolfi (2004) com adaptações apresentadas por Silveira (2013, p. 40-41).

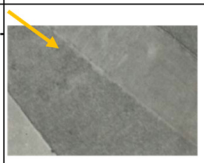
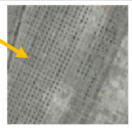
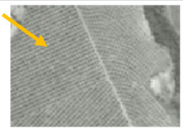
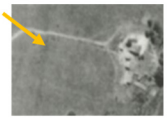
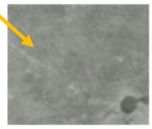
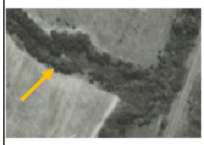
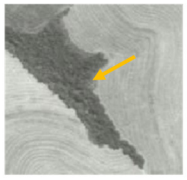
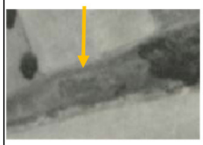
Zuquette e Gandolfi (2004, p. 102 e 104) compreendem material inconsolidado como "[...] todos os materiais geológicos, residuais e retrabalhados, que ocorrem desde o topo da rocha sã até a superfície"., e a sua importância "[...] reside no uso do solo e as alterações que esse propicia". Os mesmos autores (2004, p. 104) ressaltam que a variedade e a distribuição espacial dos materiais inconsolidados na superfície interferem no estabelecimento do uso e ocupação, bem como na magnitude dos impactos sociais.

Os materiais inconsolidados são divididos em dois grupos: os retrabalhados e os residuais. Os primeiros podem ser descontínuos e heterogêneos, que devem ser analisados através de granulometria, mineralogia e cimentação das partículas constituintes e alternância das camadas com diferentes graus de cimentação, minerais, distribuição das partículas, grau de compactação e distribuição lateral, observando o maciço (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004, p. 104-105). Levando em consideração os aspectos elencados anteriormente, esses materiais apresentam quatro divisões, a saber:

- Homogêneo e contínuo: não tem variação vertical ou lateral em sua constituição ou no seu maciço;
- Homogêneo descontínuo: apresenta homogeneidade mineral, estruturas com variações laterais, entre outras;
- Heterogêneo contínuo: possui pacotes de materiais, com características diversas, contudo preservando a continuidade;

Agrupamentos	Uso/Cor	Características	1962	1988	2010
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área edificada	Áreas totalmente construídas, ou seja, apresentam lotes edificados (casas e comércios) e infraestrutura urbana. Tal uso está atrelado a uma urbanização consolidada.			
	Área parcialmente edificada	Áreas que tem lotes construídos, em fase de construção e nenhuma construção, caracterizando o processo de expansão urbana. Geralmente, essas áreas denotam gramíneas e árvores de pequeno porte. Além de infraestrutura urbana			
	Área sem edificação	Não há construções nessas áreas, sendo destinada a futuras edificações, indicando o processo de expansão urbana. Tem a presença de infraestrutura urbana (sistema viário).			
	Vias com ou sem pavimentação	As vias do sistema viário podem apresentar asfaltamento ou não.			
	Indústrias	Áreas voltadas para o uso industrial as quais se localizam nas margens das rodovias (Anhanguera e Wilson Finardi) e dentro da malha urbana.			
	Chácaras	Esta classe é identificada por áreas construídas com presença marcante de áreas verdes (gramíneas, arbustos e árvores). Tal área é destinada a lazer, hortas e árvores frutíferas nas partes mais periféricas da mancha urbana.			
	Cemitério	Local com função específica - sepultamento de cadáveres.			
	Construção Rural	Esse uso é voltado para representar galpões e casas identificadas na parte rural.			
	Área Verde Urbana	Área que apresenta vegetação rasteira e/ou árvores de porte significativo no espaço urbano, sendo caracerístico de praças públicas e canteiros centrais do sistema viário urbano. Esta classe também pode ser identifica em áreas particulares. Ressalta-se que não apresenta a definição tradicional.			
	Cobertura Herbácea	Vegetação rasteira que são identificadas nos canteiros centrais e rotatórias das rodovias.			
	Solo Exposto	Áreas que não possuem vegetação tanto na área urbana quanto rural.			

Quadro 4 - Agrupamentos, classes de uso e parâmetros para identificação – parte I. Elaborado pela autora.

Agrupamentos	Uso/Cor	Características	1962	1988	2010
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-Açúcar	Áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar. Tal plantio é tradicional no cenário de estudo, fazendo parte da história e desenvolvimento do município de Araras (SP).			
	Cultura Anual	Cultivos de vegetação anual ou inferior a um ano tais como milho, soja, hortaliças, necessitando de plantio novamente.			
	Cultura Permanente	Cultivos que não necessitam de replantio tais como abacate e café que é característico do período de 1962 e 1978.			
	Citricultura	Áreas que apresentam o cultivo de laranja, tradicional no município de Araras (SP).			
	Silvicultura	Fragmentos e resquícios de eucaliptos e pinus detectados na área de estudo.			
	Pasto Limpo	Áreas com gramíneas destinadas ao pastoreio de gado.			
	Pasto Sujo	Áreas que apresentam gramíneas e arbustos e árvores de pequeno porte espaçados com a finalidade de pastoreio do gado.			
Áreas de Vegetação	Mata	Formação vegetal de porte grande a médio, podendo ser nativa ou reflorestada. Este tipo de uso é localizado ao longo dos cursos fluviais, nascentes e outras partes da área de estudo, principalmente na parte rural .			
	Vegetação de áreas úmidas	Setores da área de estudo que apresentam brejos, taboas e vegetação rasteira e de pequeno porte. Este uso é detectado ao longo dos cursos fluviais. Ressalta-se que este tipo de vegetação é característico do município.			
Águas	Lagos e represamentos	Corpos hídricos de caráter antrópico.			

Quadro 4 - Agrupamentos, classes de uso e parâmetros para identificação – parte II. Elaborado pela autora.

- Heterogêneo descontínuo: exibe camadas de materiais diversificados, com propriedades distintas, distribuição restrita, gerando descontinuidade (ZUQUETTE, GANDOLFI, 2004, p. 105).

Já os materiais residuais são entendidos por duas maneiras na visão de Zuquette e Gandolfi (2004, p. 105):

> [...] os limites dos estágios de alteração da rocha: entre o material inconsolidado e a rocha alterada e entre a rocha alterada e a rocha sã. Para diagnosticar esses dois limites, considera-se a intensidade de alguns atributos, como descoloração, desintegração, decomposição e feições reliquiares (ZUQUETTE, GANDOLFI, 2004, p. 105).

Silveira (2013) destaca a importância deste documento para a confecção da carta de fragilidade física, sendo fundamental para elaborar a carta de níveis de restrição do relevo. Para avaliar e identificar os materiais inconsolidados de sua área de estudo, Silveira (2013, p. 40-41) fez o uso dos seguintes parâmetros:

- Litologia: levantar os diferentes tipos e principais características do material rochoso, auxiliando na identificação dos materiais inconsolidados;
- Espessura dos materiais: analisar a profundidade dos materiais inconsolidados proporciona o diagnóstico da evolução intempérica e pedogenética do perfil;
- Cor e textura: verificar a variação dos materiais inconsolidados por meio da coloração, além de análises granulométricas, ajudando no reconhecimento dos materiais mais ou menos resistentes;
- Permeabilidade: detectar os materiais mais ou menos permeáveis, sendo que tal característica interfere na infiltração e no escoamento das águas pluviais.

A partir das ideias elencadas, esta pesquisa fez algumas adaptações para confeccionar a carta de materiais inconsolidados do setor sul da cidade de Araras-SP:

a) A tarefa se concentrou em operar materiais retrabalhados, tendo em vista que a área selecionada tem solos profundos, ou seja, apresenta grande evolução pedogenética. Ressalta-se, ainda, que a área tem grande interferência antrópica, acarretando mudanças no solo;
b) A permeabilidade foi adotada com a finalidade de identificar os materiais mais ou menos permeáveis, indicando quais são mais susceptíveis aos processos erosivos;

c) A textura das amostras foi avaliada através de análises granulométricas, as quais indicaram as frações de argila, silte e areia (fina e grossa), apontando os materiais mais ou menos frágeis;
d) A coleta dos materiais aconteceu entre 70cm a 120cm, atingindo 170cm. Os primeiros 30cm foram descartados, tendo em vista a grande interferência antrópica, tanto na área urbana quanto rural;
e) O levantamento da litologia da área por meio da carta geológica foi importante para identificar as características dos materiais inconsolidados.

O primeiro passo para a elaboração deste produto cartográfico foi determinar os pontos de coleta. A definição dos pontos abarcou os setores de alta, média e baixa vertente, procurando atingir toda a extensão da área de estudo. Salienta-se que na parte urbanizada, a coleta aconteceu onde a estrutura urbana não implantou a sua forma, apresentando superfície exposta visto que áreas construídas impedem a coleta dos materiais. Logo, essas amostras apresentam grande interferência antropogênica. Outro fato que merece destaque é que durante os trabalhos de campo, houve mudança na posição dos pontos, pois os mesmos estavam em área privada (indústria ou chácara, por exemplo) ou de difícil acesso. Portanto, foram definidos 38 pontos de coleta (Figura 7).

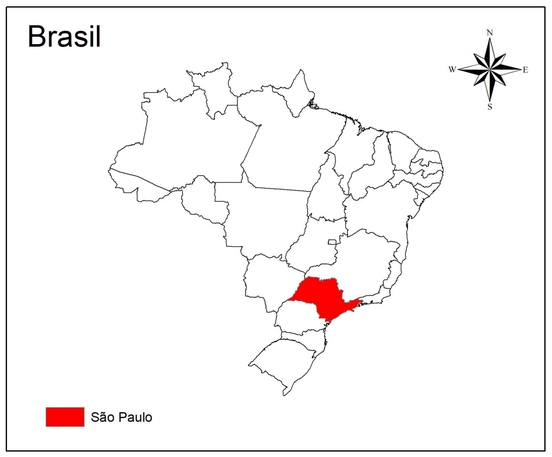
Os materiais utilizados para coletar as amostras foram: trado holandês, pá de jardim, metro, espátula, pano para limpar o trado, sacos plásticos, etiquetas e elástico para armazenar e identificar as amostras, ficha de campo e mapa com os pontos de coleta.

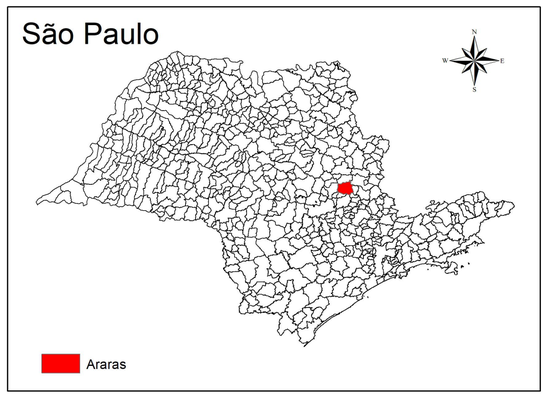
Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório para Análise de Formações Superficiais (LAFS), do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Rio Claro-SP.

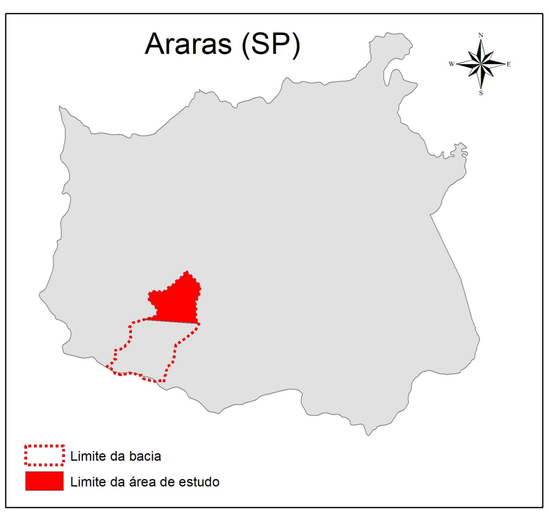
As análises granulométricas foram realizadas seguindo as orientações das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): 6.457 (recepção e preparação das amostras) e 7.181 (procedimentos da análise granulométrica: materiais, execução e funcionamento do densímetro). Após o cálculo das frações de areia, argila e silte, estabeleceram-se as classes de textura das amostras, por meio do triângulo do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). A tabela com os dados das análises encontra-se no Anexo I desta pesquisa.

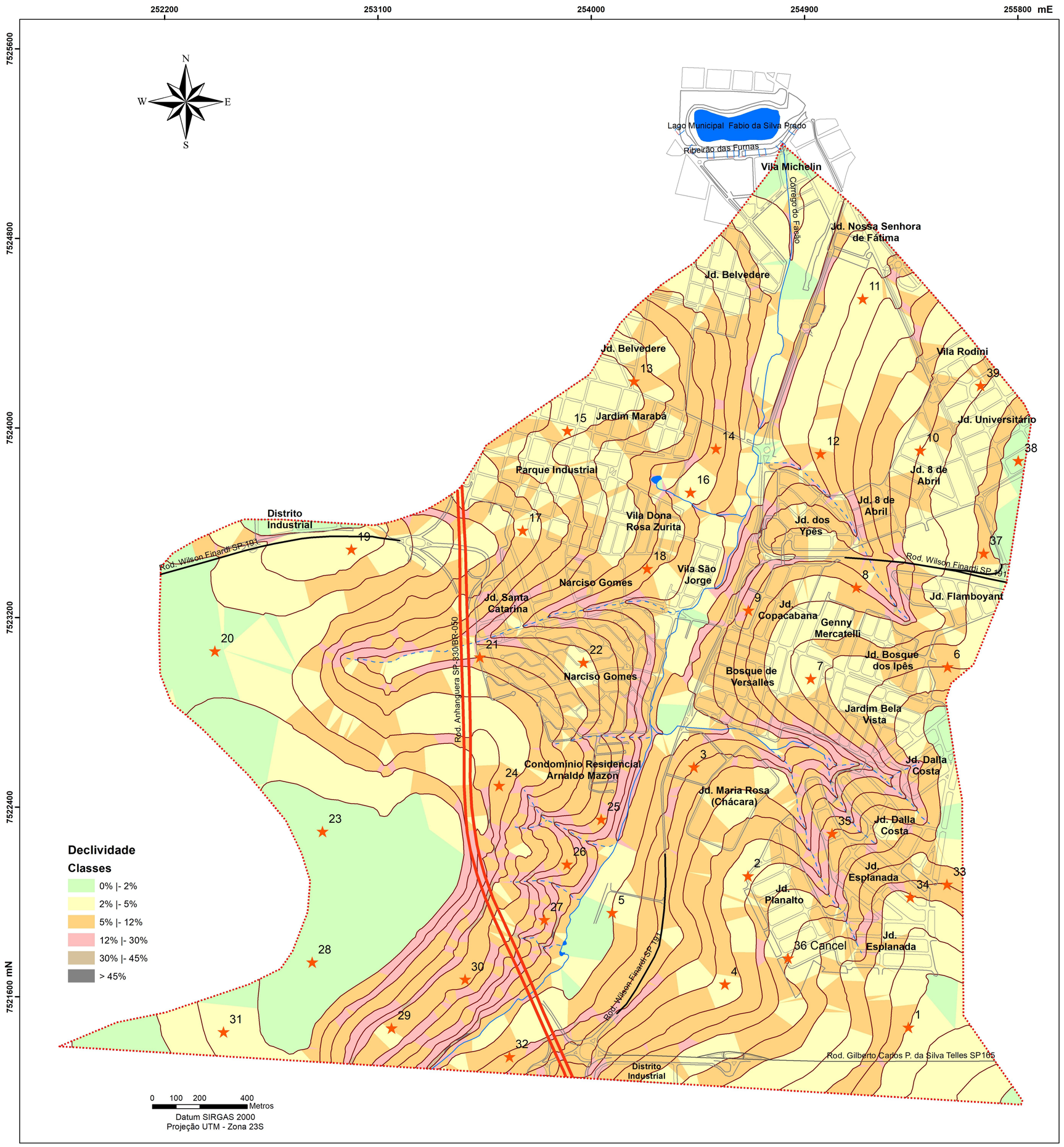
Os pontos de coleta 23, 27, 24, 15, 14, 33, 06, 09, 30 e 12 foram escolhidos para o teste de permeabilidade. A escolha desses pontos se baseou nos seguintes critérios (Quadro 5):

Área de estudo - Pontos de coleta









Legenda

- Ponto de coleta
- Curso fluvial
- Curso pluvial
- Ribeirão das Furnas (canalizado)
- Lagos
- Curvas de nível
- Rodovia Anhanguera SP - 330/BR 050
- Rodovia Wilson Finardi SP - 191
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles SP - 165
- Contorno do sistema viário
- Quadras
- Limite da área de estudo

Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2017. 1 mapa. Escala 1:10.000.

Figura 7 – Localização dos pontos de coleta na área de estudo

- Compartimentação do relevo (topo, média e baixa vertente); e
- Características granulométricas dos pontos.

O procedimento utilizado para aferir a permeabilidade dos pontos escolhidos (Quadro 6) foi o método B da NBR 14545. Tal método faz o uso da seguinte aparelhagem: bureta graduada, permeâmetro [cilindro metálico de 15cm de diâmetro e 13cm de altura, argila (vedar o espaço entre o corpo de prova e a parede do permeâmetro), areia grossa (topo e base do corpo de prova)]. Para realizar tal tarefa, é preciso, primeiramente, destorroar a amostra, passar em peneira de 2mm, umidificar, compactar a amostra em um copo de metal vazado com o auxílio de um socador e retirá-lo com o auxílio de um macaco hidráulico, ficando com a forma do corpo metálico (Figura 8A). Ressalta-se que é importante passar parafina ao redor das amostras (Figura 8B).

Ponto escolhido para o teste de permeabilidade e sua classe de textura (Triângulo IAC)	**Pontos com características granulométricas semelhantes**	**Compartimentação do relevo**
Ponto 23 - Argila pesada	Pontos 20 e 28	Topo (alta vertente)
Ponto 27 - Franco argilo arenosa	Pontos 25 e 26	Baixa vertente
Ponto 24 - Argila	Pontos 22	Topo (alta vertente)
Ponto 15 - Franco argiloso siltosa	Ponto 17	Topo (alta vertente)
Ponto 14 - Franco arenosa	Pontos 13 e 16	Baixa vertente
Ponto 33 - Argila	Pontos 34 e 35	Topo (alta vertente)
Ponto 6 - Franco	Ponto 7	Média vertente
Ponto 9 - Franco arenosa	Pontos 3 e 8	Baixa vertente
Ponto 39 - Franco arenosa	Pontos 38, 10, 37	Topo (alta vertente)
Ponto 12 - Franco	Ponto 11	Baixa vertente

Quadro 5 – Pontos escolhidos para realizar a mensuração da permeabilidade. Elaborado e organizado pela autora.

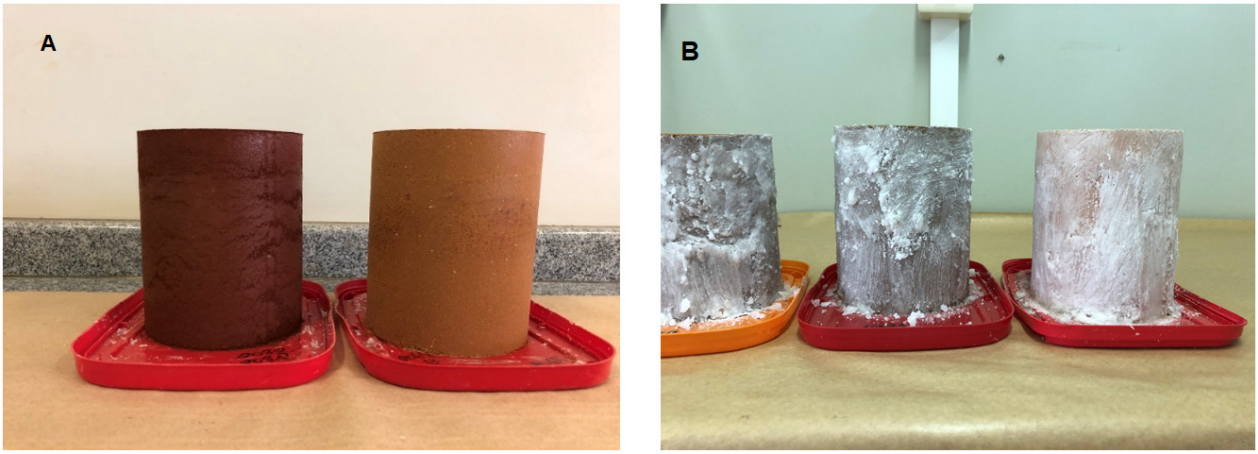


Figura 8 – Amostra compactada (corpo de prova) (A) e parafinada (B) para realizar a permeabilidade. Fonte: autora, 14/02/2019.

Após efetuar a preparação das amostras,

> [...] cada corpo de prova, se promove o ensaio registrando a cada 60 s o valor da carga hidráulica encontrado na bureta graduada (cm). O tempo de experimento segue até que se obtenham pelo menos quatro determinações da variação da carga hidráulica, relativamente próximas, as quais não apresentem tendências evidentes tanto de crescimento quanto de diminuição (método B NBR 14545). Sempre que necessário, a bureta graduada deve ser novamente preenchida com água destilada. (SILVEIRA, 2013, p. 49)

Com os dados obtidos e anotados na ficha do laboratório, calculou-se o coeficiente de permeabilidade, o fator K. As quatro determinações da variação da carga hidráulica de cada amostra foram lançadas na equação (3) fornecida pela NBR 14545:

$$\mathcal{K} = \frac{aH}{A\Delta t}\ In\ (\frac{h1}{h2}) \qquad (3)$$

Onde:

K: coeficiente de permeabilidade

Δt: diferença entre t2 e t1

h1: carga hidráulica em t1 (início)

h2: carga hidráulica em t2 (fim)

a: área interna da bureta de vidro

A: área inicial do corpo de prova.

Os valores considerados para os parâmetros da equação acima foram:

a: 7,065 cm²

A: 10cm

Os coeficientes de permeabilidade (fator K) podem ser consultados na tabela (Anexo II).

Para delimitar os materiais inconsolidados, utilizaram-se os dados geológicos, as classes de textura, os coeficientes de permeabilidade e as curvas de nível. Assim, com os pontos que tinham valores semelhantes de granulometria e de permeabilidade em uma determinada formação geológica, mapeou-se uma classe de material inconsolidado com o auxílio da curva de nível. A partir dos referidos dados e da forma de identificação, foi possível espacializar os materiais inconsolidados da área de estudo e caracterizá-los (Quadro 6).

Materias Inconsolidados da área de estudo			
Classe	**Descrição da classe**	**Pontos de coleta**	**Cor**
Classe 1	Material derivado da Formação Tatuí, com espessura aproximada de 61 cm a 78 cm, fração areia fina predominante e, em seguida, argila e silte; permeabilidade de muito baixa a média (3,80.10^{-5} a 1,009.10^{-3}).	6, 9, 12 e 14	
Classe 2	Material derivado da Formação Irati com espessura aproximada de 17 cm a 72 cm, fração argila predominante e, em seguida, areia fina e silte; permeabilidade de baixa a média (1,99.10^{-4} a 3,212.10^{-3}).	23, 24 e 27	
Classe 3	Material derivado de derrames de Basalto com espessura aproximada de 72 cm, fração argila predominante e, em seguida, silte e areia fina; permeabilidade alta (1,103.10^{-2}).	33	
Classe 4	Material derivado da Formação Piraçununga, com espessura aproximda de 76 cm, fração areia fina e, em seguida, argila e silte; permeabilidade alta (1,117.10^{-2})	39	

Quadro 6 – Classes de materiais inconsolidados do setor sul da cidade de Araras (SP). Organizado e elaborado pela autora.

3.6 Carta de Fragilidade Física

A carta de fragilidade física foi elaborada a partir das orientações de Ross (1994) a qual busca compreender as fragilidades do ambiente, por meio de uma análise integrada, auxiliando no planejamento físico do território. Na visão de Ross (1994), a elaboração desta carta-síntese deve contar com informações advindas da carta geomorfológica, de erodibilidade e de uso da terra, não esquecendo de considerar a escala adotada no trabalho.

A partir das sugestões de Ross (1994), bem como das sugestões de Silveira (2013), Mendes (2015) e Franzin (2017), esta pesquisa fez algumas adaptações para confeccionar a carta de fragilidade física do meio do setor sul da cidade de Araras-SP, que são expostas abaixo:

a) Os dados morfométricos foram extraídos da carta de declividade, que mostra quais setores da área de estudo são mais susceptíveis ao desencadeamento dos processos erosivos relacionados com a inclinação da vertente. Justifica-se o uso desta informação, pois a mesma está presente na legislação federal de número 6.766/1979 e na legislação municipal, lei complementar número 3.902/2006.

b) As feições erosivas (sulcos erosivos, ravinas e voçorocas) foram retiradas das cartas geomorfológicas dos cenários de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016, já que apontam a fragilidade da área de estudo ao desenvolvimento de processos denudativos decorrentes da ação das águas pluviais.

c) A substituição dos dados pedológicos pela carta de materiais inconsolidados, tendo em vista que os mapeamentos de solo e geológico da área de estudo foram produzidos em escala de menor detalhe do que a adotada nesta pesquisa.
d) Alteração do nome do produto cartográfico para carta de fragilidade física, pois o setor sul da cidade de Araras-SP apresenta intensa atuação antrópica, conforme verificado por meio de trabalho de campo e dos mapeamentos geomorfológicos e uso e ocupação da terra, dificultando o estudo da fragilidade natural e limitando a investigação das características do relevo.

Para realizar a confecção do mapa síntese (fragilidade física), foi necessário estabelecer pesos para as variáveis declividade e materiais inconsolidados. Esse procedimento de pesos seguiu a proposta de Zanatta (2018, p. 48 - 56), fazendo algumas adaptações para se ajustar à realidade da área de estudo e também aos dados desta pesquisa. A fim de identificar cada variável com maior ou menor predisposição aos processos erosivos, ou seja, maior ou menor fragilidade física, cruzaram-se os sulcos erosivos, ravinas e voçorocas dos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016 com os dados de declividade (Anexo III) e materiais inconsolidados. Tal procedimento foi efetuado através das seguintes etapas:

-Etapa 1: Identificação das áreas das feições erosivas.

Os sulcos erosivos foram transformados em polígonos através de um *buffer* de 5cm em seu entorno para obter sua área, enquanto as ravinas e a voçoroca foram remapeadas, a partir dos seus contornos, a fim de se obter a área dessas feições.

-Etapa 2: Criar arquivos vetoriais para cada classe de declividade, facilitando a obtenção da área ocupada por cada feição erosiva nos diferentes intervalos de declividade.

Para realizar tal tarefa, é necessário percorrer os seguintes passos:

- 1º passo: busque a opção *Selection* e, depois, *Select by attributes*;
- 2º passo: na janela *Select by attributes*, selecione o TIN, após clicar em *Slope_deg* (este campo tem os valores da declividade em graus) e, depois, *Get Unique Values* (chama todos os valores de declividade). Na caixa *Select from TIN where*, conforme a figura 8. Para não errar na seleção do intervalo da declividade, consulte as propriedades do TIN na aba *Symbology*. Por fim, clicar em Ok.
- 3º passo: as classes de 30% |- 45% aparecerão selecionadas. Para criar um *shapefile* dessa classe, clique com o botão direito do mouse em cima do arquivo TIN e

navegue até a opção *Data > Export Data ...* para criar e salvar o *shapefile* da classe de declividade de 30% |-45%.

- 4º passo: repita esse mesmo procedimento com os outros intervalos.

-Etapa 3: Obter a área de cada variável, ou seja, intervalos de declividade e materiais inconsolidados.

Essa tarefa de cálculo assemelha-se ao cálculo das áreas de uso e ocupação da terra descrito no capítulo 3.4.

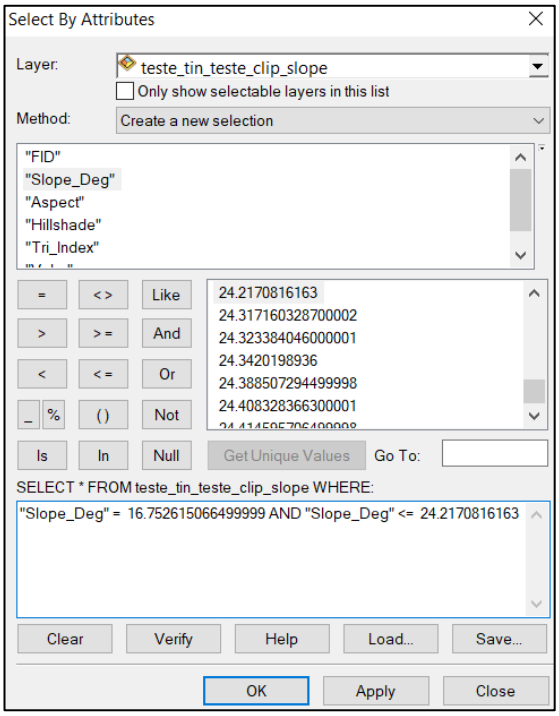


Figura 9 – Janela *Select by Attributes* preenchida.

-Etapa 4: Obter a área ocupada por cada feição erosiva em cada variável (declividade de materiais inconsolidados) nos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016.

Para o propósito, utilizar a ferramenta *Clip* do software ArcGIS® e depois calcular a área conforme descrito na etapa 3.

Após tabular os dados (Tabela 2), buscou-se dividir a área de cada forma erosiva levantada nas classes das variáveis pelo total da área ocupada por cada classe, obtendo-se a densidade normalizada das feições erosivas em cada classe de declive e de materiais inconsolidados (Tabela 3). Depois, procurou-se em cada variável o maior valor, o qual foi utilizado para dividir os demais de modo a dar uma relação de proporcionalidade, ou seja, o cálculo do coeficiente de proporcionalidade que varia de 0 a 1 (Tabela 4).

Classes dos materiais inconsolidados	Área de cada classe de material inconsolidado (m²)	Sulco erosivo (m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	3552040,515	439,27678426	351,80358812	225,81173548	130,01514374	55,64644961	137,53191425
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	4953493,368	778,34687632	688,09217542	416,30566158	374,09805355	392,59776453	373,66524678
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	745976,446	133,46102685	119,97291537	55,91575641	93,56846496	100,11467991	33,32423041
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	478245,502	108,28889206	166,25689270	58,88486335	16,72721179	8,57837324	18,96765645

Classes dos materiais inconsolidados	Área de cada classe de material inconsolidado (m²)	Ravina (m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	3552040,515	0,00000000	1153,37872450	1520,16821383	522,24967013	481,61168546	964,40713655
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	4953493,368	0,00000000	975,91009608	317,74664498	452,16972746	256,63133770	2006,51001365
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	745976,446	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	478245,502	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Classes dos materiais inconsolidados	Área de cada classe de material inconsolidado (m²)	Voçoroca (m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	3552040,515	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	41514,66137400	38244,84395510
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	4953493,368	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	745976,446	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	478245,502	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Tabela 2 – Exemplo: área de cada classe e área ocupada pelas feições erosivas em cada classe de material inconsolidado nos seis cenários mapeados. Elaborado e organizado pela autora.

Classes dos materiais inconsolidados	Sulco erosivo					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,00012367	0,00009904	0,00006357	0,00003660	0,00001567	0,00003872
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,00015713	0,00013891	0,00008404	0,00007552	0,00007926	**0,00007543**
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,00017891	0,00016083	0,00007496	**0,00012543**	**0,00013421**	0,00004467
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	**0,00022643**	**0,00034764**	**0,00012313**	0,00003498	0,00001794	0,00003966

Classes dos materiais inconsolidados	Ravina					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,00000000	**0,00032471**	**0,00042797**	**0,00014703**	**0,00013559**	0,00027151
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,00000000	0,00019701	0,00006415	0,00009128	0,00005181	**0,00040507**
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Classes dos materiais inconsolidados	Voçoroca					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	**0,01168755**	**0,01076701**
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Tabela 3 – Exemplo: resultado da divisão entre a área ocupada por feição erosiva em cada classe pela área total da classe da mesma variável nos seis anos, materiais inconsolidados.

Classes dos materiais inconsolidados	Sulco erosivo					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,54616815	0,28490011	0,51630308	0,29181970	0,11672790	0,51331206
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,69394913	0,39958143	0,68255374	0,60210529	0,59054277	1,00006220
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,79012423	0,46262421	0,60875874	1,00000683	0,99997184	0,59223069
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,99999781	0,99999775	0,99997444	0,27885038	0,13365006	0,52579769

Classes dos materiais inconsolidados	Ravina					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,00000000	0,99999623	1,00000094	0,99998689	0,99998030	0,67027408
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,00000000	0,60673991	0,14988427	0,62084608	0,38209420	0,99999923
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Classes dos materiais inconsolidados	Voçoroca					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000025	0,99999969
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Tabela 4 – Exemplo: Coeficiente de proporcionalidade da área ocupada por cada feição em cada classe de material inconsolidado entre 1962 a 2016.

Para transformar a proporcionalidade calculada em peso, é preciso fazer a média aritmética dessa, de cada feição erosiva, nas diversas classes das variáveis (declividade e materiais inconsolidados), a fim de culminar em um valor único para cada variável, para cada feição erosiva (Tabela 5). Após efetuar a média aritmética dos coeficientes, buscou-se dividir pelo maior valor encontrado dentro de cada variável para gerar proporcionalidade e retirar a influência da área (Tabela 6). Em seguida, somou-se (Tabela 6) e novamente averiguou-se o

maior número dentro de cada variável para dividir e gerar proporcionalidade, criando um coeficiente de proporcionalidade que varia de 0 a 1 (Tabela 7). No final, é necessário multiplicar por 100, pois a ferramenta do *software* ArcGIS® não aceita valores decimais.

Classes dos materiais inconsolidados	**Sulco Erosivo**	**Ravina**	**Voçoroca**
	Média - coeficiente	**Média - coeficiente**	**Média - coeficiente**
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,37820517	**0,77837307**	**0,33333332**
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,66146576	0,45992728	0,00000000
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	**0,74228609**	0,00000000	0,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,65637802	0,00000000	0,00000000

Tabela 5 – Exemplo: média aritmética do coeficiente de proporcionalidade de cada feição erosiva em cada classe de material inconsolidado.

Classes dos materiais inconsolidados	**Sulco Erosivo**	**Ravina**	**Voçoroca**	**Soma - média coeficiente/ pelo maior nº de cada feição erosiva**
	Média coeficiente/ pelo maior nº	**Média coeficiente/ pelo maior nº**	**Média coeficiente/ pelo maior nº**	
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	0,50951402	1,00000000	1,00000000	**2,50951402**
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,89111970	0,59088283	0,00000000	1,48200253
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	1,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,88426555	0,00000000	0,00000000	0,88426555

Tabela 6 – Exemplo: resultado da divisão do maior número em cada classe de material inconsolidado e, após, soma das feições de cada classe de material inconsolidado.

Classes dos materiais inconsolidados	Índice final	Índice final multiplicado por 100
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	1,00000000	100,00000000
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	0,59055360	59,00000000
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	0,39848353	39,00000000
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	0,35236526	35,00000000

Tabela 7 – Índice final e valor adotado na ferramenta *weighted overlay*.

Depois de determinar os pesos (Figura 10), partiu-se para o cruzamento das variáveis declividade e materiais inconsolidados por meio da ferramenta de análise multicritério ponderada *weighted overlay* (Figura 11) disponibilizada pelo *software* ArcGIS®. Contudo, para realizar esse procedimento é necessário transformar os arquivos vetoriais para o formato *raster* (*Conversion tools* > *To raster* > *Polygon to raster*) para utilizá-los.

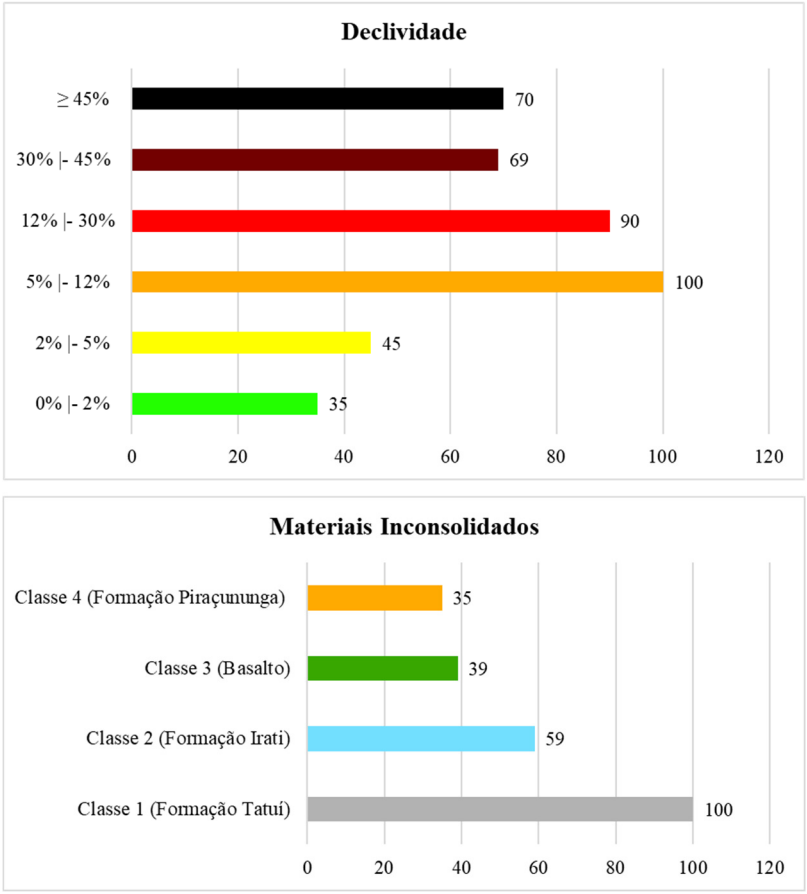


Figura 10 – Peso final de 0 a 100 das variáveis declividade e materiais inconsolidados. Elaborado e organizado pela autora.

Tal ferramenta trabalha a partir da sobreposição das informações geográficas, considerando os pesos e as influências dessas informações previamente estabelecidas pelo usuário. A fórmula (3) a seguir, assim como a figura 11, demonstram o funcionamento da ferramenta *weighted overlay*:

$$R = (PA * IA\%) + (PB * IB\%) + (PC * IC\%) + (PD * ID\%) \quad (3)$$

Onde

P: peso

I: influência

R: classes geradas por meio da análise multicritério ponderada (*weighted overlay*)

A, B, C e D: variáveis

*: multiplicação

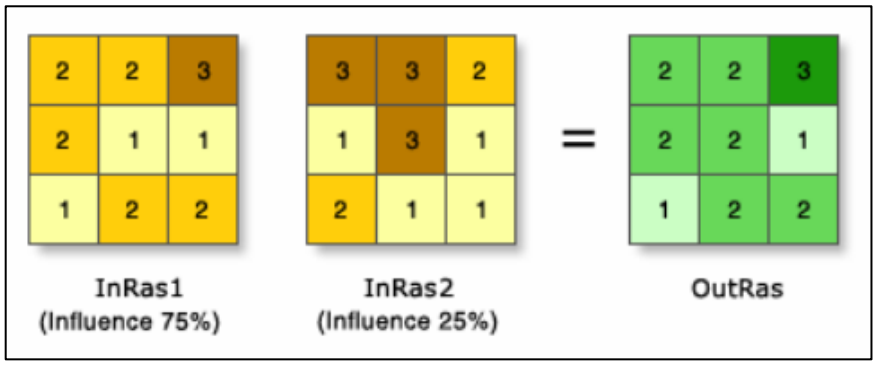


Figura 11 – Funcionamento da ferramenta *weighted overlay* (análise multicritério). Fonte: ArcGIS for Desktop. Disponível em: < http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-overlay.htm> Acesso em: 25 jul. 2019.

Portanto, a porcentagem de influência tanto para a declividade quanto para os materiais inconsolidados foi de 50% para cada um e, em seguida, adicionou-se o peso calculado para cada intervalo de declividade e para cada material inconsolidado (Figura 10) a fim de gerar as classes de fragilidade física para o cenário de estudo. A composição dessas classes de fragilidade física foi efetuada pela classificação *natural breaks (jenks)*, resultando em cinco classes:

- Muito fraca: 35 |- 42
- Fraca: 42,00000001 |- 52
- Moderada: 52, 00000001 |- 75
- Forte: 75,00000001 |- 85
- Muito forte: 85,00000001 |- 100.

Esta técnica de classificação permite determinar o melhor arranjo de valores a fim de gerar pouca variância dentro da classe e aumentar as diferenças entre os intervalos de classes (ARCGIS, 2019).

A validação dos dados obtidos foi realizada a partir da ocorrência de feições erosivas nas classes de maior fragilidade (muito forte, forte e moderada). Esta correlação pode ser verificada na tabela 8.

Para representar as classes de fragilidade física produzidas pela ferramenta, escolheram-se as cores verde, amarelo, laranja, vermelho e marrom como forma de indicar a intensidade da fragilidade, ou seja, cores mais escuras sinalizam maior fragilidade, enquanto cores mais claras indicam menor fragilidade.

3.7 Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Legal

Esse produto cartográfico foi elaborado a partir das sugestões elencadas por Moroz, Canil e Ross (1994), a qual se constitui em um "[...] levantamento dos tipos de uso e ocupação do solo, sua densidade, dinâmica e evolução ao longo do tempo, os níveis de intervenções decorrentes, as transgressões à legislação e as consequências ao ambiente natural [...]" (MOROZ, CANIL, ROSS, 1994, p.36).

Foi necessário utilizar a carta geomorfológica do período de 2016 conforme sugestão de Silveira (2009, p. 69) para fazer a aquisição das feições erosivas (marcas de erosão difusa, sulco erosivo, ravina e voçoroca), retirada de material, mineração e modelado antrópico (aterros, cortes, rupturas topográficas antrópicas, canalizações, bacias de contenção, reservatório de contenção), melhorando o resultado final dessa carta.

Para confeccionar esta carta, utilizaram-se os seguintes dispositivos legais:

- Lei federal número 6.766/1979 e lei complementar municipal número 3902/2006 as quais pontuam o limite máximo de 30% de declive para urbanizar o solo sem restrições. Vale destacar que este intervalo foi utilizado no estabelecimento dos intervalos de classe de declividades deste trabalho (subcapítulo 3.2 Carta de Declividade);

Classes de fragilidade física	Área (m²) total das classes de fragilidade	Sulco erosivo (área m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Muito fraca	820878,9885	158,938665705	199,585054310	80,506757815	54,051619552	71,453408702	30,260626028
Fraca	2164030,3997	316,114833000	282,866760000	219,002269000	120,704311000	138,735497000	142,656985000
Média	527558,7144	87,052030016	96,836777167	37,728424168	61,496866392	38,708622619	23,092742732
Forte	4322264,0240	578,776365193	487,366225818	290,304248032	263,950119088	260,072614059	274,946008643
Muito forte	1885531,6765	318,492023006	259,297544932	129,129012602	113,915115894	47,980967044	92,541977145

Classes de fragilidade física	Área (m²) total das classes de fragilidade	Ravina (área m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Muito fraca	820878,9885	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,3997	0,000000000	50,283800000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,7144	0,000000000	14,879537946	112,898735047	0,000000000	0,000000000	13,379686080
Forte	4322264,0240	0,000000000	1316,270542106	215,046634513	452,169727433	256,631337702	2402,912363326
Muito forte	1885531,6765	0,000000000	747,854920421	1509,969489210	522,249670137	481,611685495	554,625100827

Classes de fragilidade física	Área (m²) total das classes de fragilidade	Voçoroca (área m²)					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
Muito fraca	820878,9885	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,3997	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,7144	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	17,961843199	0,647117709
Forte	4322264,0240	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	4529,908420734	6322,649157061
Muito forte	1885531,6765	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	951838,711593024	31921,547681115

Tabela 8 – Área ocupada pelas feições erosivas nos intervalos de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

- Lei federal 12.651/2012 e 12.727/2012 que faz ressalvas sobre a proteção de vegetação nativa. Os artigos considerados na elaboração desta carta foram:

> CAPÍTULO II
> DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
> **Seção I**
> **Da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente**
>
> Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:
>
> I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
>
> a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
>
> [...]
>
> IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
>
> V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; [...] (BRASIL, 2012).

- Lei complementar municipal nº 3.903/2006, que determina o zoneamento de uso e ocupação do solo do município de Araras-SP:

> TÍTULO II
> DO ZONEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
> CAPÍTULO II
> DO ZONEAMENTO DE USO DO SOLO
>
> Art. 6º) As macrozonas estabelecidas no artigo 5º, onde se incluem as áreas rural, urbana e de expansão urbana, obedecerão a um zoneamento de uso dos terrenos, quadras, lotes, edificações e compartimentos estabelecidos neste capítulo.
>
> [...]
>
> Art. 9º) Para disciplinar os usos previstos no Anexo I, as macrozonas, nos termos do Plano Diretor, ficam divididas nas seguintes zonas, distribuídas no Anexo III:
>
> [...]
>
> §2º - A macrozona de Adensamento Urbano e Preservação do Patrimônio Histórico – ZONA URBANA, fica assim subdividida:
>
> a. Zona Especial de Preservação de Patrimônio Arquitetônico e Cultural – ZEPAC (ZEPAC 1, ZEPAC 2 e ZEPAC 3);
> b. Zona Exclusivamente Residencial – ZER (ZER 1 e ZER 2);
> c. Zona Predominantemente Residencial – ZPR;
> d. Zona Mista – ZM (ZMC – Central e ZMG – Geral);
> e. Zona Industrial, Comercial e de Prestação de Serviços – ZI;
> f. Zona Urbana de Preservação Permanente – ZUPP;
> g. Zona Especial de Proteção Permanente – ZEPP;
> h. Zona Especial de Interesse Social – ZEIS;

> i. Zona Especial de Transporte – ZETR; e
> j. Zona Institucional – Zinst
> §3º - A macrozona de Expansão Urbana fica assim subdividida:
> a. Zona de Expansão Urbana – ZEU;
> b. Zona Especial do Aeroporto – ZEA; e
> c. Zona Especial de Núcleos Rurbanos – ZENUR. (ARARAS, 2006)

Na área de estudo encontram-se as seguintes macrozonas que são definidas pela lei complementar citada anteriormente (3903/2006):

> TÍTULO II
> DO ZONEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
> CAPÍTULO II
> DO ZONEAMENTO DE USO DO SOLO
> [...]
> SEÇÃO II MACROZONA DE ADENSAMENTO URBANO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO – ZONA URBANA
> SUBSEÇÃO II
> DAS ZONAS EXCLUSIVAMENTE RESIDENCIAIS – ZER
> Art. 25) – Zonas Exclusivamente Residenciais são porções territoriais do município destinadas ao uso residencial de habitações unifamiliares e multifamiliares de densidade construtiva baixa
>
> SUBSEÇÃO III
> DAS ZONAS PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAIS – ZPR
> Art. 27) Zonas Predominantemente Residenciais são porções territoriais do Município destinadas ao uso residencial de habitações unifamiliares e multifamiliares de densidade construtiva média
>
> SUBSEÇÃO IV
> DAS ZONAS MISTAS
> Art. 28) Nas Zonas Mistas são permitidos, permissíveis e permissíveis especiais os usos residenciais, comerciais, de prestação de serviços e industriais, bem como atividades de impacto ambiental ou causadoras de incômodos com obtenção de licença ambiental e de análise de impacto ambiental.
>
> [...]
>
> SUBSEÇÃO V
> DAS ZONAS INDUSTRIAIS, COMERCIAIS E DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS – ZI
> Art. 30) As zonas industriais representam porções do território destinadas preferencialmente a usos industriais, comerciais e de prestação de serviços, aceitando-se níveis de incomodidade, ou seja, fatores que perturbam a convivência com as diversas atividades do meio urbano.
>
> SUBSEÇÃO VI
> DAS ZONAS URBANAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE – ZUPP
> Art. 31) São consideradas ZUPP faixas de no mínimo 30 (trinta) m, em ambas as margens dos Ribeirões das Araras e das Furnas, excluídas as

> faixas desses ribeirões já consolidadas na zona urbana, bem como de outros córregos no perímetro urbano, nos trechos não consolidados, conforme áreas identificadas no Anexo III – Planta de Zoneamento de Uso, com a finalidade de preservação permanente.
>
> [...]
>
> SUBSEÇÃO VII
> DA ZONAS ESPECIAIS DE PROTEÇÃO PERMANENTE – ZEPP
> Art. 34) As Zonas especiais de proteção permanente deverão garantir a proteção ambiental de áreas utilizadas para lazer, com atividades comerciais e de prestação de serviços permissíveis [...]
>
> SUBSEÇÃO VIII
> DAS ZONAS ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL – ZEIS
> Art. 35) – As zonas especiais de interesse social são porções do território destinadas, prioritariamente, a edificações de habitações de interesse social (HIS) ou do mercado popular de (HMP), recuperação de imóveis degradados, provisão de equipamentos sociais e culturais, espaços públicos, serviço e comércio de caráter local.
>
> [...]
>
> SUBSEÇÃO X
> DAS ZONAS INSTITUCIONAIS – ZInst
> Art. 39) – As zonas institucionais são porções territoriais do município destinadas a equipamentos comunitários e urbanos de interesse coletivo.
>
> SEÇÃO III
> MACROZONA DE EXPANSÃO URBANA
> SUBSEÇÃO I
> DA ZONA DE EXPANSÃO URBANA – ZEU
>
> Art. 40) A zona de expansão urbana é porção do território do município destinada ao crescimento normal do aglomerado urbano, a ser ocupada por edificações contínuas, nos termos do Plano Diretor.

Após essas considerações sobre a legislação, foi elaborada a Carta de Derivações Ambientais e Transgressão, fazendo o uso da carta de declividade, da carta de uso e ocupação da terra de 2016 e da carta geomorfológica do ano de 2016.

O primeiro passo foi mapear as APPs dos cursos fluviais e das nascentes previstas no Código Florestal (legislação federal: 12.651/2012 e 12.727/2012), utilizando a ferramenta *Buffer*. Os cursos fluviais da área de estudo, sejam canalizados ou não, têm até 30 metros de APP, pois a largura dos mesmos é menor de 10m, enquanto para as nascentes as APPs devem apresentar um raio mínimo de 50 metros. Para verificar a transgressão nas APPs, utilizaram-se as informações da carta de uso e ocupação da terra do ano de 2016 e empregou-se a ferramenta *Clip* para fazer os recortes dos usos transgressivos à legislação.

As classes de declividade maior que 30% (Lei 6.766/1979 e lei 3.902/2006) foram extraídas da carta de declividade e, depois, sobrepostas na malha urbana e também sobre a carta de uso e ocupação da terra 2016 para averiguar a transgressão ou não à legislação. Para extrair os intervalos de 30% |- 45% e ≥ 45% realizou-se os mesmos procedimentos descritos no subcapítulo 3.6 (Carta de fragilidade física do meio).

Esse mesmo procedimento citado acima foi efetuado também para a classe ≥ 45% a fim de verificar setores da área de estudo que apresentam transgressão ou não referente ao artigo 4º, do inciso V, da lei federal 12.651/2012.

Os dados de uso e ocupação da terra do ano de 2016 foi importante para identificar quais usos da terra estavam ou não dentro dos parâmetros legais elencados. Para realizar tal tarefa, utilizou-se a ferramenta *Clip* e o *buffer* para fazer os recortes das classes de uso da terra, identificado o uso transgressivo e não transgressivo com cores diferentes.

Após identificar as transgressões, foram incorporadas as derivações ambientais as quais foram obtidas a partir da carta geomorfológica do cenário de 2016. Essas derivações são as feições erosivas (marcas de erosão difusa, sulco erosivo, ravina e voçoroca) e o modelado antrópico (aterro, corte, ruptura topográfica antrópica, canal fluvial retilinizado, canal fluvial canalizado, saída de drenagem, vertente côncava antrópica, vertente convexa antrópica, terraço agrícola, bacia de contenção e limite do reservatório de contenção – "piscinão").

As macrozonas foram colocadas em um mapa separado para não prejudicar a interpretação do documento produzido, o qual será apresentado na análise dos resultados.

Portanto, este documento-síntese constitui-se em uma análise integrada, buscando entender a natureza e o homem como sendo partes interdependentes da área de estudo selecionada (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994, p. 36).

3.8 Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano

Assim como a carta de fragilidade física do meio, a confecção da carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano se baseia nas orientações de Ross (1994) e nas sugestões de Silveira (2013). Tal carta tem o objetivo de mostrar quais setores da área de estudo possuem maior e menor restrição do relevo ao uso urbano, ou seja, a capacidade do terreno para o uso urbano.

Este produto foi elaborado a partir dos seguintes dados:

- Fragilidade física: que evidencia os setores da área que possuem maior e menor fragilidade.

- Feições erosivas do período de 1962 a 2016: a dinâmica das feições erosivas identificadas por meio do mapeamento na área de estudo no período de 54 anos, a fim de extrair a área de cada feição erosiva em cada classe de fragilidade física e de cada uso da terra, entre 1962 e 2016, para estabelecer os pesos (proposta ZANATTA, 2018).
- Carta de derivações ambientais e transgressões legais: espacialização da legislação ambiental (áreas de preservação permanente-APP) e lei de parcelamento do solo urbano.

No entanto, a preparação desta carta passou por algumas alterações em relação à proposta de Silveira (2013), a saber:

- Utilização da ferramenta *weighted overlay* disponibilizada pelo *software* ArcGIS® para fazer a sobreposição da carta de fragilidade física e uso da terra do período de 2016.
- Cálculo de pesos para as variáveis fragilidade física (Anexo IV) e uso da terra 2016 (Anexo V) seguindo as mesmas etapas descritas no subcapítulo 3.6 Carta de Fragilidade Física.

No geral, esta carta síntese, objetivo desta pesquisa, apresentou os mesmos passos elencados na construção da Carta de Fragilidade Física (subcapítulo 3.6), acrescentando algumas etapas antes de fazer o uso da ferramenta de análise multicritério ponderada (*weighted overlay*). Antes de converter os arquivos vetoriais para *raster*, é preciso fazer os recortes das restrições legais citadas anteriormente (*buffer* das APPs[9], arquivo vetorial declividade: intervalo 30% |- 45% e ≥ 45%) e, também, das áreas construídas (áreas edificadas). Para fazer tal processo, foi necessário empregar a ferramenta *Erase* (*ArcToolbox* > *Analysis tools* > *Overlay* > *Erase*), a fim de descontar essas áreas restritas do ponto de vista legal bem como as áreas edificadas na carta de fragilidade física. Em relação à carta de uso da terra 2016, foi preciso juntar previamente todas as classes de uso em um único arquivo vetorial por meio do comando *Merge* (*ArcToolbox* > *Data Management Tools* > *General* > *Merge*), pois as classes de uso foram vetorizadas de forma separada, facilitando tanto o uso da ferramenta *Erase* quanto à transformação do arquivo vetorial em *raster*. Depois de fazer o *Merge* das classes, é recomendado criar uma coluna na tabela de atributos deste arquivo com o propósito de

[9] A técnica está descrita no subcapítulo 3.7 Carta de derivações ambientais e transgressão legal.

identificar as classes de uso, auxiliando na utilização do comando *weighted overlay*. A criação é efetuada da seguinte forma: arquivo vetorial *merge* > botão direito do mouse > navegue até a opção *Open Attribute Table* > *Table Options* > *Add field* .... Na janela *Add field*, no campo *name* preencha uso e, depois, no espaço *type* deve escolher a opção *text*. Para conseguir fazer as edições na coluna, é necessário ativar o *editor* para realizar as alterações, ou seja, colocar o nome de cada uso na tabela de atributos.

Depois dessas etapas descritas acima, foi feita a sobreposição da fragilidade física x uso da terra 2016, ponderando 50% de influência para ambos. Portanto, fez-se o uso da dinâmica das feições erosivas, no período de 54 anos, tanto para a fragilidade física quanto para o uso da terra, desde 1962 até 2016, a fim de propor os pesos para cada classe de fragilidade física e de uso da terra (Figura 12). Salienta-se que as áreas das feições erosivas bem como o cálculo dos pesos encontram-se nos anexos IV e V.

As classes de níveis de restrição do relevo foram determinadas pelo método de classificação desvio padrão (*standard deviation*), resultando em seis intervalos:

- Muito fraca 17 |- 20,68019486
- Fraca: 20,68019487 |- 35,57070476
- Moderada: 35,57070477 |- 50,46121466
- Moderadamente forte: 50,46121467 |- 65,35172456
- Forte: 65,35172457 |- 80,24223446
- Muito forte: 80,24223447 |- 100

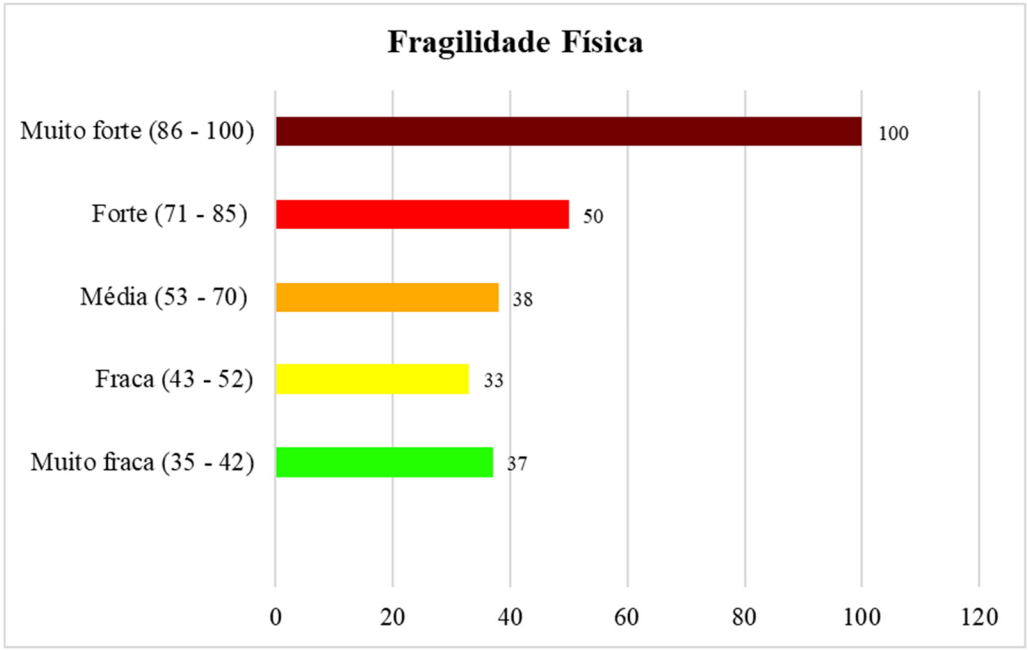


Figura 12 – Peso final de 0 a 100 da fragilidade física e uso da terra 2016 em cada classe. Parte I Elaborado e organizado pela autora.

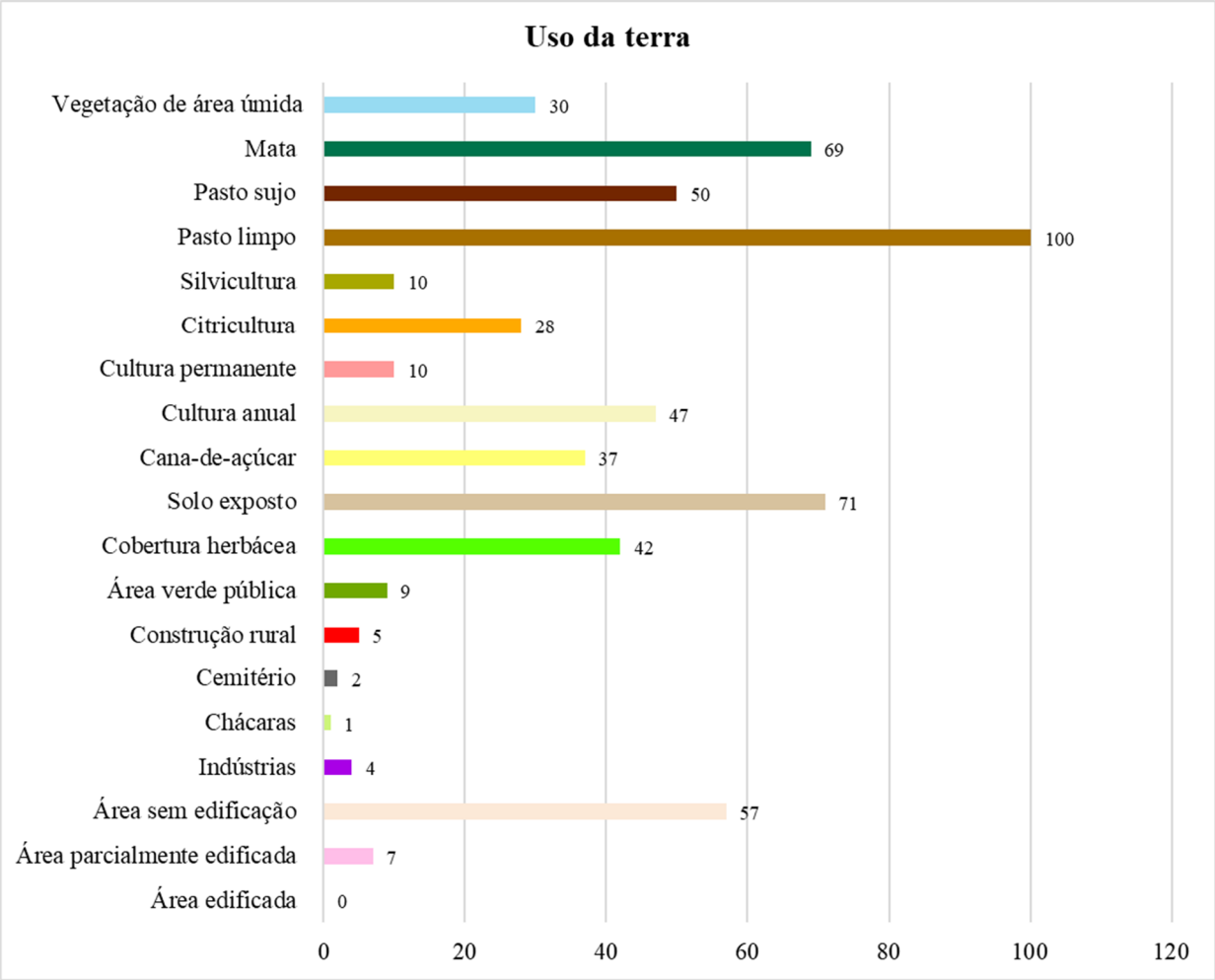


Figura 12 – Peso final de 0 a 100 da fragilidade física e uso da terra 2016 em cada classe. Parte II. Elaborado e organizado pela autora.

As cores foram estabelecidas de acordo com a rosa cromática, considerando o princípio da intensidade, ou seja, cores mais intensas indicam forte restrição e cores mais claras apontam baixa restrição.

A seguir, apresenta-se as características humanas e físicas da área de estudo.

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo aborda a localização da área de estudo, assim como um breve histórico do desenvolvimento do município de Araras-SP. Ainda, apresenta os aspectos fisiográficos regionais com ênfase no cenário de estudo.

4.1 Localização e Breve Contexto Histórico da Área de Estudo

O município de Araras, situado no estado de São Paulo (SP), está posicionado entre as coordenadas geográficas: 47º25'30'' W e 47º13'30'' W e 22º16'30'' S e 22º27'0'' S, afastado da capital paulista por cerca de 168 Km. O acesso à cidade pode ser realizado pelas rodovias: Anhanguera (SP-330/ BR 050) e Wilson Finardi (SP-191). Com área total de 644,83 Km², faz fronteira com Rio Claro, Limeira, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Corumbataí, Conchal, Leme, Mogi-Guaçu e Engenheiro Coelho (Figura 13), pertencendo à Aglomeração Urbana de Piracicaba (EMPLASA, 2018).

Em 1818, foi registrado o primeiro sinal de povoamento dessa área através de uma sesmaria de légua e meia, pertencente ao município de Limeira-SP e que serviam de ponto de parada para os tropeiros (ARARAS, 2018). Matthiesen (2003, p. 26) entende que:

> [...] a cidade de Araras, depois município, nasceu na Sesmaria de Francisco de Góes Maciel, Vicente Pires de Andrade e Manoel da Rosa Maciel, obtida em 1818, e em cujas terras, já havia morado, em 1727, Manoel Miranda Freire. Por outro lado, no Município de Araras, os documentos apontam outros moradores, na gleba que denominaram de Sítio das Araras, Bairro das Araras, Sítio Samambaia, Sítio do Bom Sucesso, Paragem – nomes do ponto onde os tropeiros descansavam e davam de beber aos animais e onde havia muitas araras, no Ribeirão das Furnas. (MATTHIESEN, 2003, p. 26)

No ano de 1862, ergueu-se a capela de Nossa Senhora do Patrocínio das Araras no divisor de águas entre o Ribeirão das Araras e das Furnas a qual era rodeada por algumas casas e foi inaugurada em 15 de agosto do mesmo ano. Em maio de 1865, os irmãos Bento Lacerda de Guimarães e José de Lacerda Guimarães, proprietários da sesmaria, doaram o terreno para o patrimônio da capela Nossa Senhora do Patrocínio. Tal feito contribuiu para a fundação de Araras-SP (ARARAS, 2018; IBGE, 2018).

O desenvolvimento do município de Araras está conectado com as atividades econômicas desenvolvidas ao longo de sua história. Por meio de uma análise do trabalho realizado por Oscar Ulson, Christofoletti (1963, p. 55) determinou três fases de crescimento da cidade, a saber:

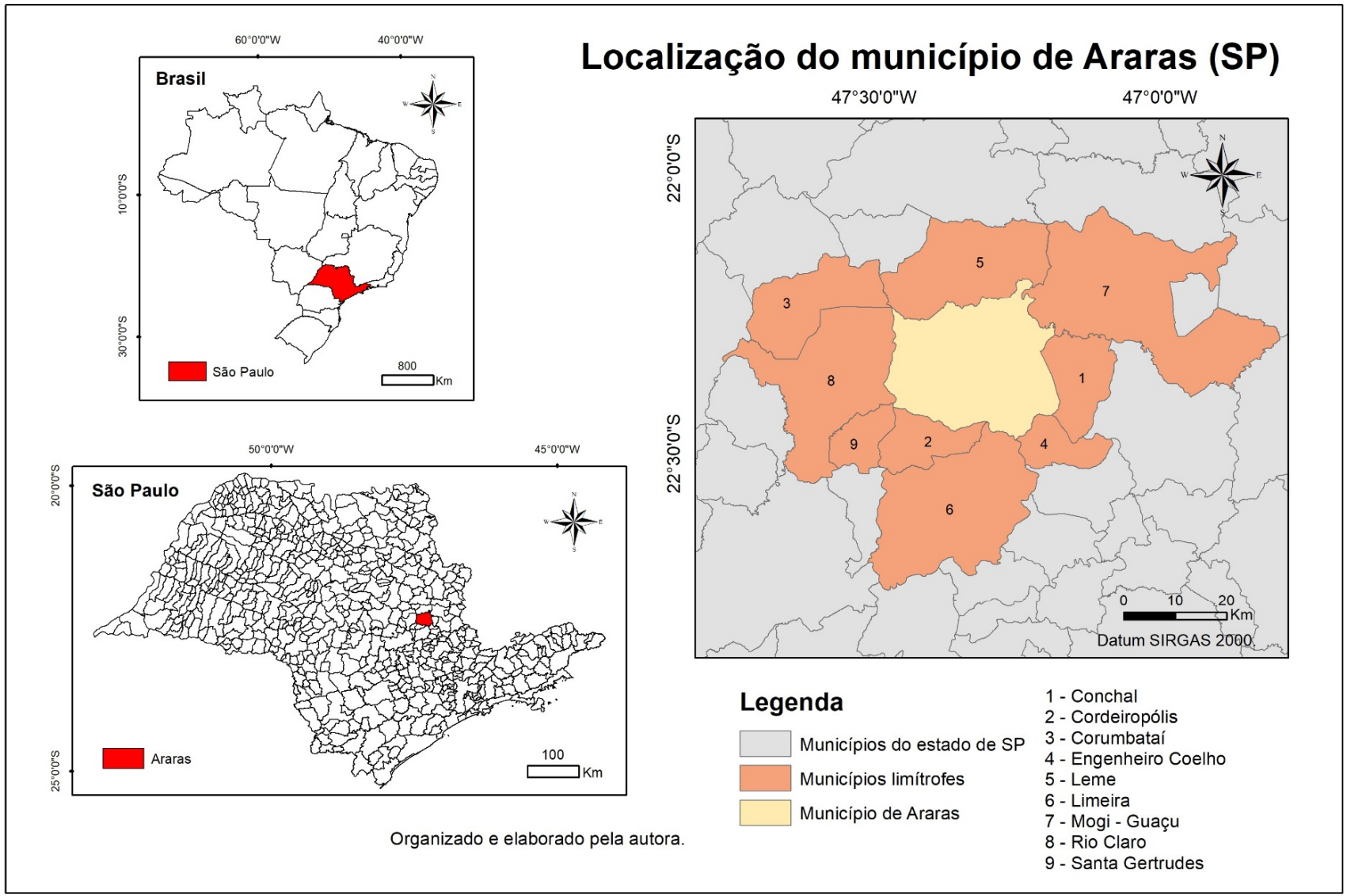


Figura 13 – Localização do município de Araras-SP e municípios limítrofes. Elaborado e organizado pela autora.

- 1ª fase – formação urbana 1862 a 1906;
- 2ª fase – fase de estagnação 1906 a 1945;
- 3ª fase – fase de crescimento moderno a partir de 1945.

Na primeira fase, as lavouras de café, a chegada, em 1877, da ferrovia, que servia para escoar a produção cafeeira e transportar pessoas, bem como a vinda de imigrantes (italianos, portugueses, suíços e alemães) para trabalhar na colheita foram importantes para a evolução da cidade de Araras (CHRISTOFOLETTI, 1963).

Entre os anos de 1920 e 1940, a cidade passou por uma estagnação econômica em razão da migração da cultura cafeeira para o oeste paulista e a ocorrência da crise de 1906 (Convênio de Taubaté – fixação do preço mínimo da saca de café) e, por consequência, o município passou a cultivar mandioca, laranja, algodão, milho e cana-de-açúcar (CHRISTOFOLETTI, 1963, p. 57; MATTHIESEN, 2003, p. 40). Este acontecimento podia ser notado na mancha urbana, apresentando os mesmos traços: núcleo central (centro da cidade), bairros próximos (Jardim Belvedere, Pirapora, entre outros) e um bairro afastado (Jardim Nossa Senhora de Fátima) (PITTON, 1997, p. 85).

Ainda, nesta segunda fase, em 1913, é interessante destacar a criação da Companhia Ararense de Leiteria pelo francês Louis Nougués em associação com os irmãos Mário e João Soares do Amaral e Queiroz Lacerda. Essa companhia instalada ao lado da estação ferroviária recebia leite de diversas fazendas da região para produzir leite condensado (Figuras 14 e 15). O francês Louis Nougués escolheu fixar residência em Araras-SP, pois acreditava no potencial de desenvolvimento industrial do Brasil, além de ser um visionário. A Nestlé, querendo expandir seu negócio por meio da instalação de novas fábricas em outros países, escolheu Araras-SP para estabelecer a sua sede no Brasil em razão de ser uma região rica em gado leiteiro e por ter a fábrica de leite condensado de Nougués. Assim, em 1921, a Companhia Ararense de Leiteria de Nougués e sócios foi comprada pela Nestlé (Figura 16). (MATTHIESEN, 2003, p. 106-110)

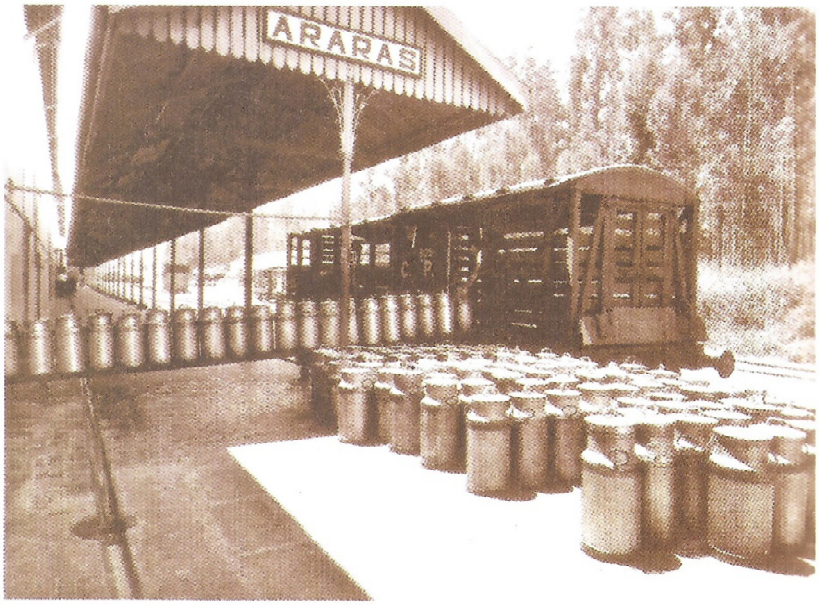


Figura 14 – Chegada de leite por trem na Companhia Ararense de Leite em 1912. Fonte: Arquivo Nestlé. Disponível em Matthiesen (2003, p. 106)

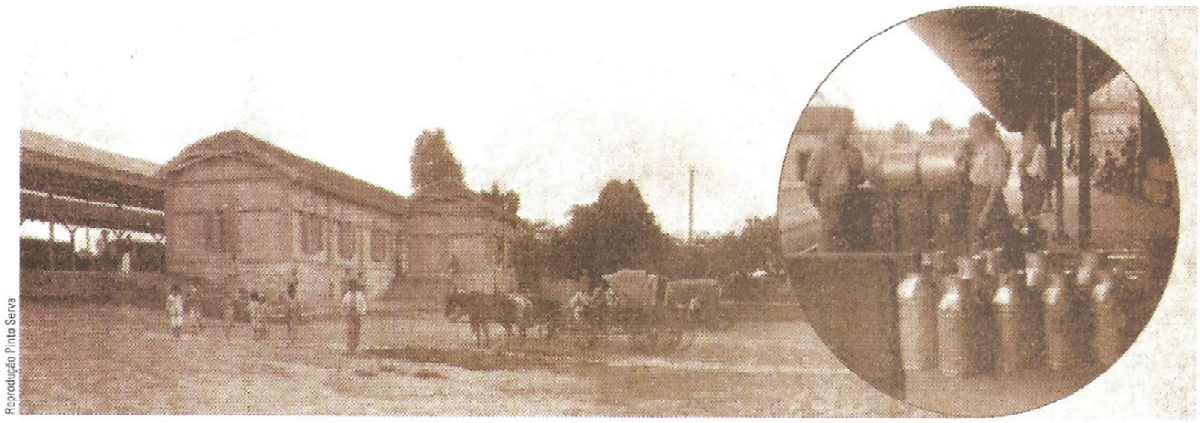


Figura 15 – Estação de trem da Companhia de Estradas de ferro entre 1913 e 1921. O leite chegava por esta estação o qual era transformado em leite condensado pela Companhia Ararense de Leite. Fonte: arquivo de Pinto Serva. Disponível em Matthiesen (2003, p. 106)



Figura 16 – Fachada da fábrica da Nestlé em 1933. Fonte: Matthiesen, 2003, p. 107

A partir de 1945, a estagnação econômica começa a ser superada por uma nova fase de crescimento vinculado à agroindústria de alimentos (açúcar, mandioca, café, leite), sendo a Nestlé a principal indústria neste ramo, e a cultura canavieira (Usina São João e Usina Santa Lúcia) incentivada pelo pioneirismo de Hermínio Ometto, eminente figura pública que fundou a Usina São João e persistiu junto ao governo para criar o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) promovendo o crescimento do município (MATTHIESEN, 2003). A partir de 1953, o IAA começou suas atividades com a cana-de-açúcar e fez parte do Programa Nacional de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (Planalsucar). Entretanto, em 1990, houve a extinção do IAA, por meio do decreto 9.940/90 e da lei 8029/90. No ano de 1991, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) incorporou a extinta unidade do IAA de Araras, originando o Centro de Ciências Agrárias (CCA) (Figura 17). O curso de engenharia agronômica foi estabelecido em 1993. (UFSCar, 2018).



Figura 17 – UFSCar, câmpus de Araras (SP). Antigas instalações do IAA. Fonte: < http://www.tribunadopovo.com.br/50852-2/ >; < http://grupoopiniao.com.br/ufscar-campus-araras-recebe-inscricoes-para-processo-seletivo-de-professor-substituto/ > Acesso em: 09/07/2018.

Esse avanço econômico repercutiu na evolução total da população (Gráfico 1) e, como resultado, na expansão do perímetro urbano no sentido **oeste** para a construção de distritos industriais, e no sentido **leste**, **norte** e **sul** para a criação dos conjuntos habitacionais (PITTON, 1997).

Segundo Christofoletti (1963, p. 58), essa renovação da cidade foi relevante, "[...] levando-a ser considerada como um dos municípios de maior progresso no concurso efetuado pelo IBGE, em 1955."

Atualmente, o município possui atividades no setor primário, secundário e terciário conforme informações da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (FUNDAÇÃO SEADE, 2018). Segundo o gráfico 2, confeccionado a partir dos dados disponibilizados pela Fundação SEADE (2015), o setor mais representativo é o de serviços, seguido pelo industrial e

agropecuário, respectivamente. A plantação de cana-de- açúcar no município ainda tem grande destaque com 2.160.000 toneladas produzidas no ano de 2016 em comparação a outras culturas temporárias (mandioca, milho, soja) e permanentes (abacate, café, laranja, limão e tangerina) (IBGE, 2018).

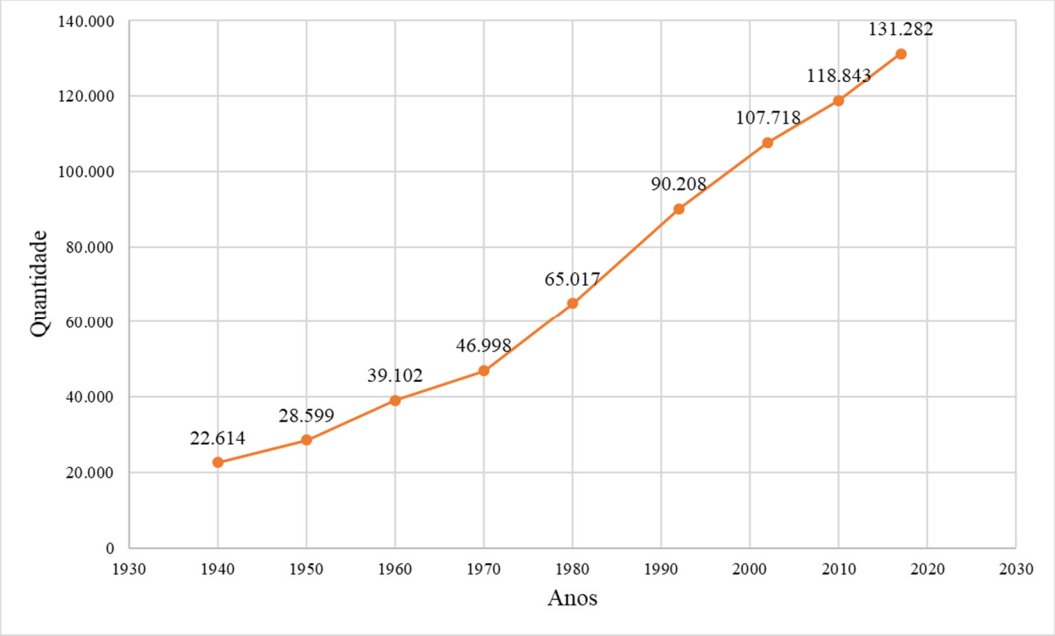


Gráfico 1 – Evolução da população total entre 1930 a 2017* em Araras (SP). *Estimativa realizado pelo IBGE. Fonte: MARINHO (1999, p. 56); Pitton (1997, p. 87); IBGE (2018)

O crescimento populacional provocado pelo desenvolvimento econômico, pela migração e pelo impulso do mercado imobiliário fez o sítio urbano se expandir para além do divisor de águas dos ribeirões das Araras e das Furnas, ocupando seus vales e desencadeando diversos problemas urbanos-ambientais, os quais poderiam ser evitados por meio de um planejamento adequado que levasse em consideração as características físicas do município.

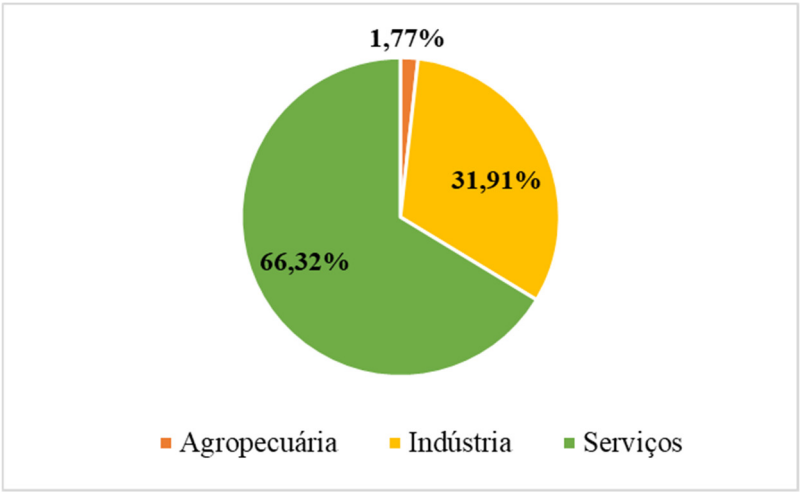


Gráfico 2 – Participação da agropecuária, indústrias e serviços no total do valor adicionado em porcentagem no município de Araras-SP – 2015. Fonte: Fundação SEADE, 2015.

Segundo o plano diretor (ARARAS, 2006), o vetor de expansão da mancha urbana acontece principalmente na direção **norte** e **sul** da cidade, enquanto na porção **oeste** e **leste** apresentam restrições:

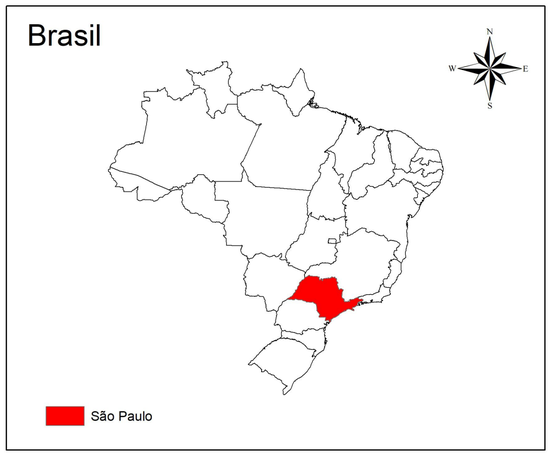
- Setor Oeste: há as represas que abastecem a área urbana de Araras-SP. O entorno das barragens e as nascentes que auxiliam na recarga das mesmas são considerados áreas de preservação permanente conforme o artigo 74 da lei complementar 3.901, de 2006. Este setor, também, é definido como Zona de Proteção dos Mananciais (ZPM), de acordo com a lei 3.903/2006 (zoneamento de uso e ocupação do solo);
- Setor Leste: após a mancha urbana nesta porção, há a Zona de Proteção de Atividades Agrícolas (ZOPAG), a qual é destinada à produção agropecuária no município. Nesta zona, não é permitido o desmembramento das fazendas em chácaras ou sítios de recreio ou loteamentos, conforme a lei de zoneamento de uso e ocupação do solo do município de Araras (lei 3.903 de 2006).

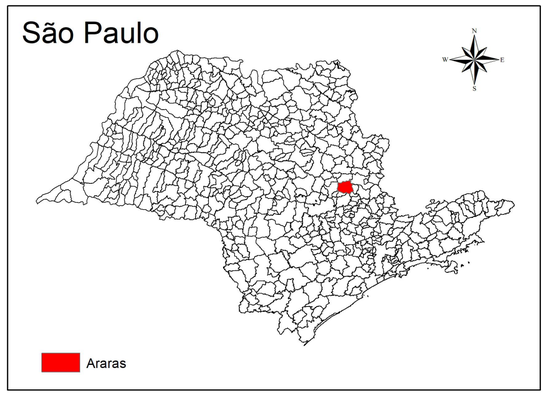
Diante dessas questões, para esta pesquisa, selecionou-se o setor sul da cidade de Araras-SP. Este setor está passando por intensas transformações na paisagem, em função das obras de macrodrenagem urbana (canalização e construção de piscinões reservatórios de contenção) e do rápido processo de expansão (loteamentos residenciais) nos últimos anos. Essa escolha também se deve ao fato deste setor ter características físicas susceptíveis a processos erosivos, conforme avaliação parcial por Bernardelli (2016).

A delimitação da área de estudo foi realizada a partir da baixa bacia do Córrego do Facão, área periurbana e zona de expansão urbana de acordo com o plano diretor do município de Araras-SP. Os bairros que ocupam o cenário de estudo são: Conjunto Habitacional Doutor Narciso Gomes, Jardim Santa Catarina, Vila São Jorge, Residencial Bosque de Versalles, Jardim Bela Vista, Jardim Bosque dos Ipês, Jardim Copacabana, Jardim dos Ypês, Jardim 8 de Abril, Geny Mercatelli, Jardim Universitário, Jardim Nossa Senhora de Fátima, Jardim Belvedere, Parque Industrial, Vila Dona Rosa Zurita, Vila Michielin, Jardim Belvedere, Vila Rodini, Jardim Marabá, Jardim Dalla Costa, Jardim Flamboyant, Jardim Esplanada, Jardim Planalto e Condomínio Residencial Arnaldo Mazon. (Figura 18)

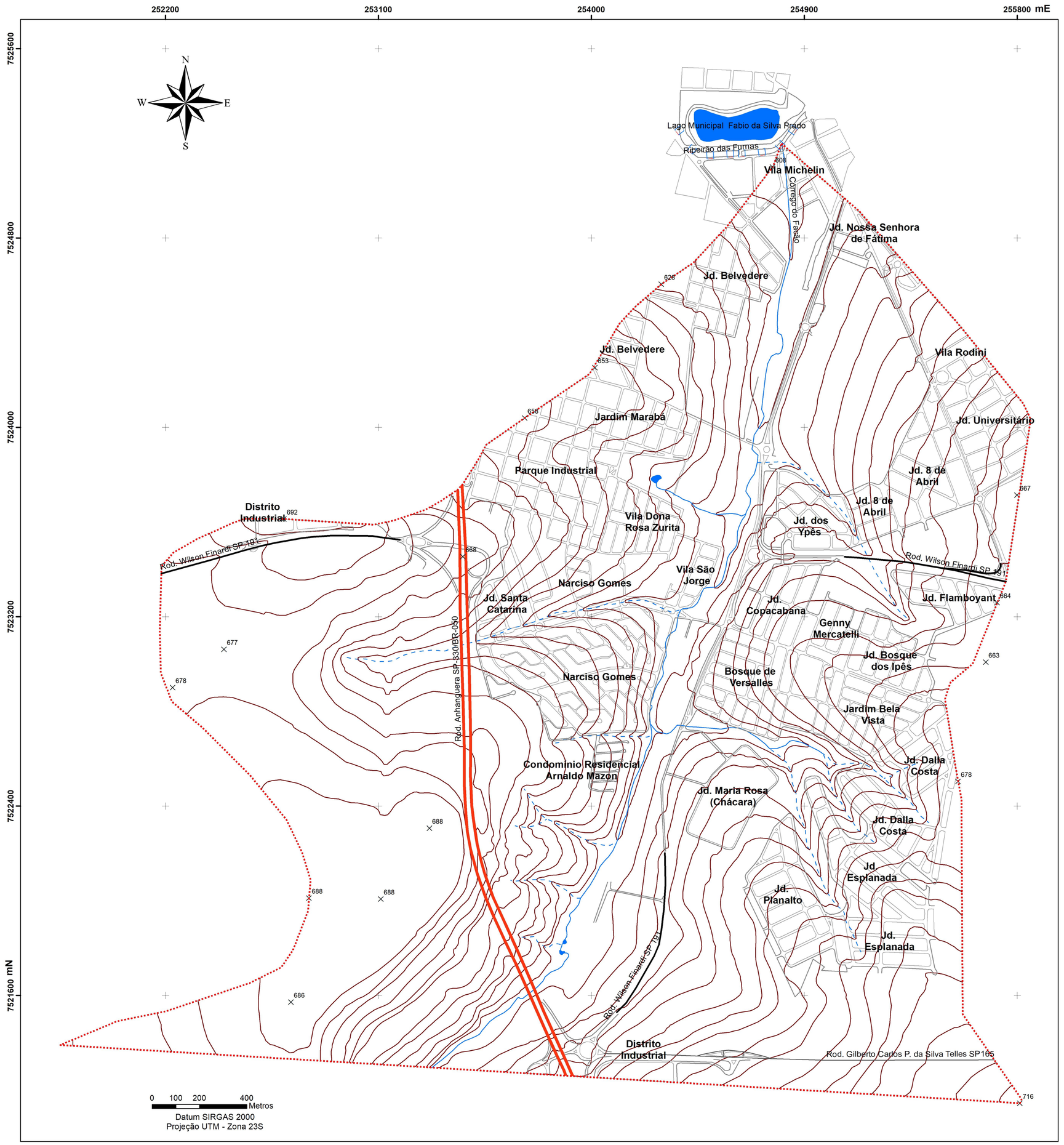
A seguir, apresentam-se as características físiográficas da área de estudo.

Área de estudo - Setor Sul da cidade de Araras (SP)









Legenda

- Curso fluvial
- Curso pluvial
- Ribeirão das Furnas (canalizado)
- Lagos
- Ponto cotado
- Curvas de nível
- Contorno do sistema viário
- Quadras
- Rodovia Anhanguera SP - 330/BR 050
- Rodovia Wilson Finardi SP - 191
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles SP - 165
- Limite da área de estudo

Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2017. 1 mapa. Escala 1:10.000.

Figura 18 – Localização da área de estudo.

4.2 Aspectos Fisiográficos da Região com Ênfase na Área de Estudo

O sítio urbano de Araras-SP, segundo Christofoletti (1963, p. 52), está assentado próximo da borda ocidental da Depressão Periférica Paulista. Na visão de Ab'Sáber (1969, p.1), a Depressão Periférica Paulista é um compartimento topográfico originado por processo denudacional, o qual está interposto entre o Planalto Atlântico e o Planalto Ocidental. Almeida (1974, p. 63) também tem o mesmo pensamento por ser uma área rebaixada pela erosão situada entre o Planalto Atlântico e as *Cuestas* Basálticas. A Depressão Periférica, conforme proposta de Deffontaines (1935 *apud* ALMEIDA, 1974), pode ser dividida em três zonas: Zona do médio Tietê, Zona do Mogi-Guaçu e Zona do Paranapanema.

O relevo da área de estudo encontra-se na zona do Mogi-Guaçu, o qual é caracterizado por Almeida (1974, p. 75) da seguinte forma:

> O relevo predominante na zona é o de campos extremamente uniformes, com vales amplos, poucos profundos, abrigando cursos d'água em cujas margens são frequentes pequenas planícies aluviais arenosas, bem como alguns terraços. As variadas litologias do Grupo tubarão quase nada se refletem nesse relevo suave, cuja monotonia só é rompida, em alguns lugares, pela presença de morros de modesta altura, indicando sítios de maiores intrusões de diabásio. (ALMEIDA, 1974, p. 75)

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981a) qualifica o relevo da Depressão Periférica Paulista situado na zona do Mogi-Guaçu:

> O relevo caracteriza-se por formas suavizadas, levemente onduladas, constituídas por COLINAS AMPLAS (212) e MORROS AMPLOS (221), além de COLINAS MÉDIAS (213), mais restritas. Em suas porções limítrofes com o Planalto Atlântico, a leste, e com as Cuestas Basálticas, a oeste, ocorrem irregularmente relevos de MORROTES ALONGADOS E ESPIGÕES (234). Esses relevos baixos, juntamente com o barramento representado pelo *front* de cuestas, permitem o desenvolvimento de extensas PLANÍCIES ALUVIAIS (111) ao longo de cursos d'água da bacia do Mogi-Guaçu. (IPT, 1981, p.62)

Segundo Ross e Moroz (1996, p. 52), a Depressão Periférica Paulista, é uma unidade morfoescultural (Ross e Moroz 1996, p.47), inserida na borda leste da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná "[...] está esculpida quase que totalmente em sedimentos páleo-mesozoicos." O relevo desta unidade morfoescultural apresenta diferentes modelados em razão da influência tectônica, da variação litológica e da atuação dos processos morfodinâmicos de ambientes paleoclimáticos.

O relevo do cenário de estudo está estabelecido, segundo a folha geológica de Araras elaborada por São Paulo (1987b) e Instituto Geológico (IG, 1987), sobre as seguintes formações geológicas: Formação Tatuí (Pt), Formação Irati (Pi), Intrusivas Básicas (V) e Formação Piraçununga (Tp) (Figura 19).

A primeira formação geológica citada, Tatuí, foi formada na Era Paleozoica, no período Permiano e é composta por siltitos e arenitos, apresentando granulometria na fração areia e argila (IG, 1987; MARINHO, 1999, p. 37). Na visão de Fúlfaro *et al* (1984 *apud* ASSINE *et al*, 2003, p. 33), os depósitos da Formação Tatuí se formaram por meio de:

> [...] um complexo deltaico mais antigo com fluxo de sudeste para noroeste, sucedido na parte superior da unidade por sistemas flúvio-deltaicos e de leques costeiros, que teriam avançado para sul sobre um golfo dominado por fáceis marinhas de águas rasas, conectado com o oceano a sudoeste. (ASSINE *et al*, 2003, p. 33)

Perinotto e Zaine (2008) também interpretaram da mesma forma, sendo o ambiente de deposição uma planície costeira marinha rasa. Segundo Assine *et al* (2003, p.33), a formação Tatuí é bem desenvolvida, possuindo uma faixa de afloramentos na porção centro-leste do estado de São Paulo situada na Depressão Periférica Paulista.

Na parte superior da Formação Tatuí, ou seja, em seu contato, encontra-se a Formação Irati (ASSINE *et al* 2003). Tal formação geológica é constituída por siltitos e folhelhos originados na Era Paleozoica, no Período Permiano (IG, 1987). Para Amaral (1967, p. 6), a origem dessa formação ocorreu por meio da deposição de sedimentos finos (ora calcários ora argilosos) localizados em um grande lago, possuindo estabilidade tectônica. Perinotto e Zaine (2008) pontuam que o ambiente de deposição foi uma laguna marinha rasa, resultando nessa formação geológica.

Para Perinotto e Zaine (2008), na Era Mesozoica, no período Jura-Cretáceo, o magmatismo fissural contribuiu para formar as Intrusivas Básicas através de grandes derrames de basalto em formato de diques e soleiras de diabásio.

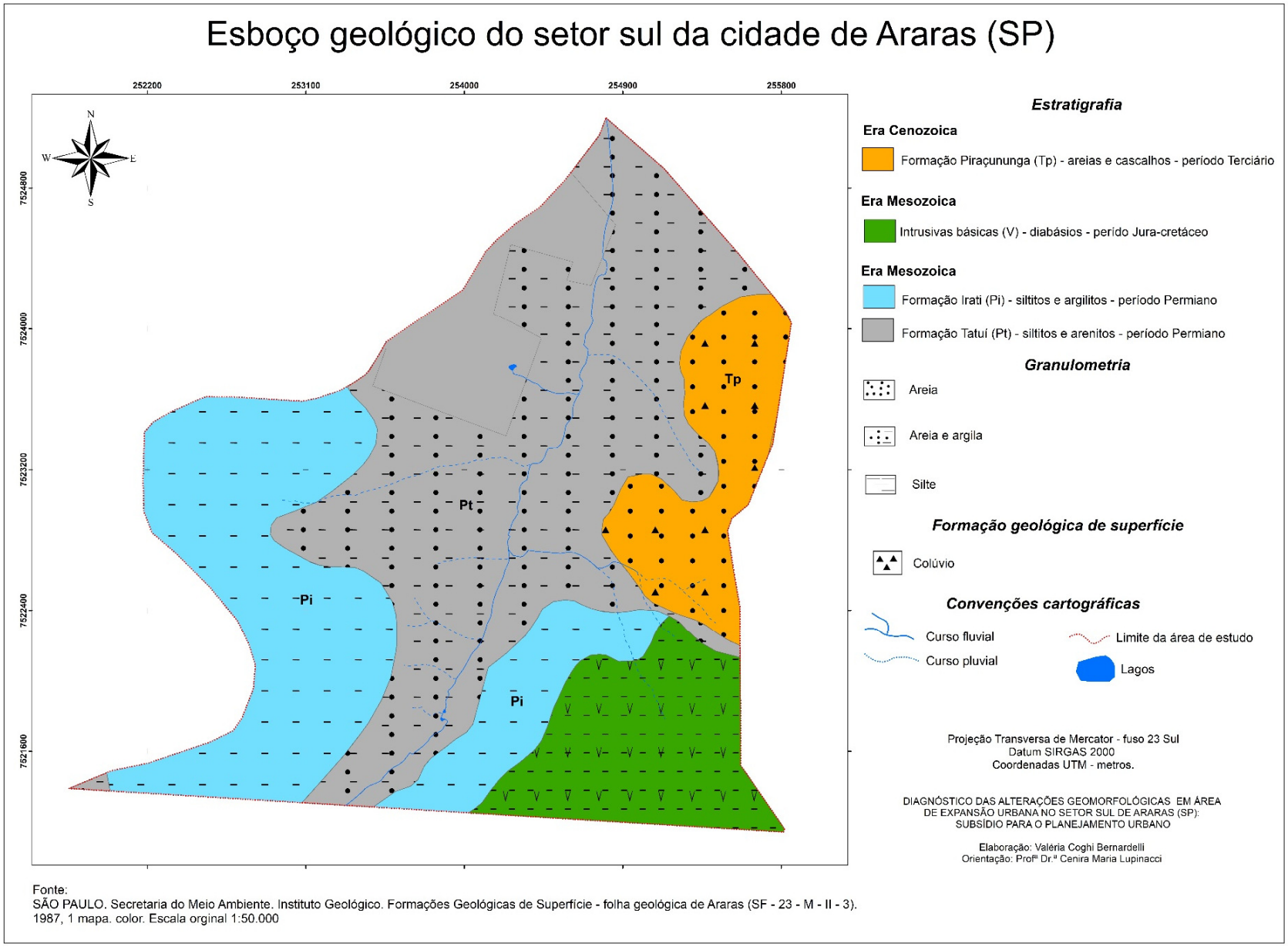


Figura 19 – Esboço geológico da área estudada. Organizado pela autora

A Formação Piraçununga é composta por areias e cascalhos (colúvio) depositadas na Era Cenozoica (IG, 1987). Massoli (1983, p.28) caracteriza tal formação como "[...] sedimentos inconsolidados, cor castanho claro, sem estruturas sedimentares, areno-argilosas, granulação variando entre as frações areia fina e silte grosso (com predomínio desta) muito pobremente selecionados." Contudo, há controvérsias em relação à idade (período) em que houve a sedimentação dessa formação. Segundo Ferreira e Chang (2008, p. 132), a dificuldade em atribuir idades mais precisas ocorre em razão da falta de fósseis-guias, sendo que grande parte da idade é correlacionada a eventos geomorfológicos e/ou estruturais (datação relativa). Sobre o surgimento desta formação, Freitas *et al* (1979 *apud* MELO, 1995, p.29; FERREIRA, CHANG, 2008, p. 132) destacam que a Depressão Periférica teria sido constituída por *grábens*, sendo ampliada por erosão diferencial e as Formações Rio Claro e Piraçununga se estabeleceram, provocando o entulhamento (preenchimento) das fossas tectônicas (*grábens*). Esses autores (*apud* MELO, 1995, p. 29) salientam, ainda, que a origem da Formação Piraçununga é flúvio-lacustre, composta por sedimentos arenosos inconsolidados e sendo correlata à formação Rio Claro. O IPT (1981b, p. 92) também ressalta a correlação desta formação com a Rio Claro. De acordo com Melo (1995, p. 24), Mezzalira (1965) relatou a ocorrência de "areiões" que formam o cerrado na região de Porto Ferreira, Conchal, Vargem Grande do Sul e Aguaí, ponderando-os ao mesmo tipo dos depósitos pleistocênicos da região de Rio Claro-SP. Segundo Mello (1995, p. 29), a formação Piraçununga tem potencialidade mineral, porém a mesma é susceptível à erosão.

No que se refere aos solos (Figura 20), segundo o levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo (1987a), na quadrícula de Araras-SP há ocorrência de Latossolo Roxo (LRd), Latossolo Vermelho Escuro (LE – 1), Latossolo Vermelho Amarelo (LV – 5) e Podzólico Vermelho Amarelo (PV – 3). Segundo a classificação pedológica atual (EMBRAPA, 2006), esses solos são denominados de latossolos e argissolos, respectivamente. O podzólico vermelho – amarelo, atualmente designado de argissolo, está associado à Unidade Olaria e à Formação Tatuí. De acordo com o IAC (1981), tal solo é caracterizado por apresentar argila de baixa atividade, distrófico ou álico, horizonte A moderado e textura argilosa ou média/argilosa. A EMBRAPA (2006) pondera que este tipo de solo tem a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta.

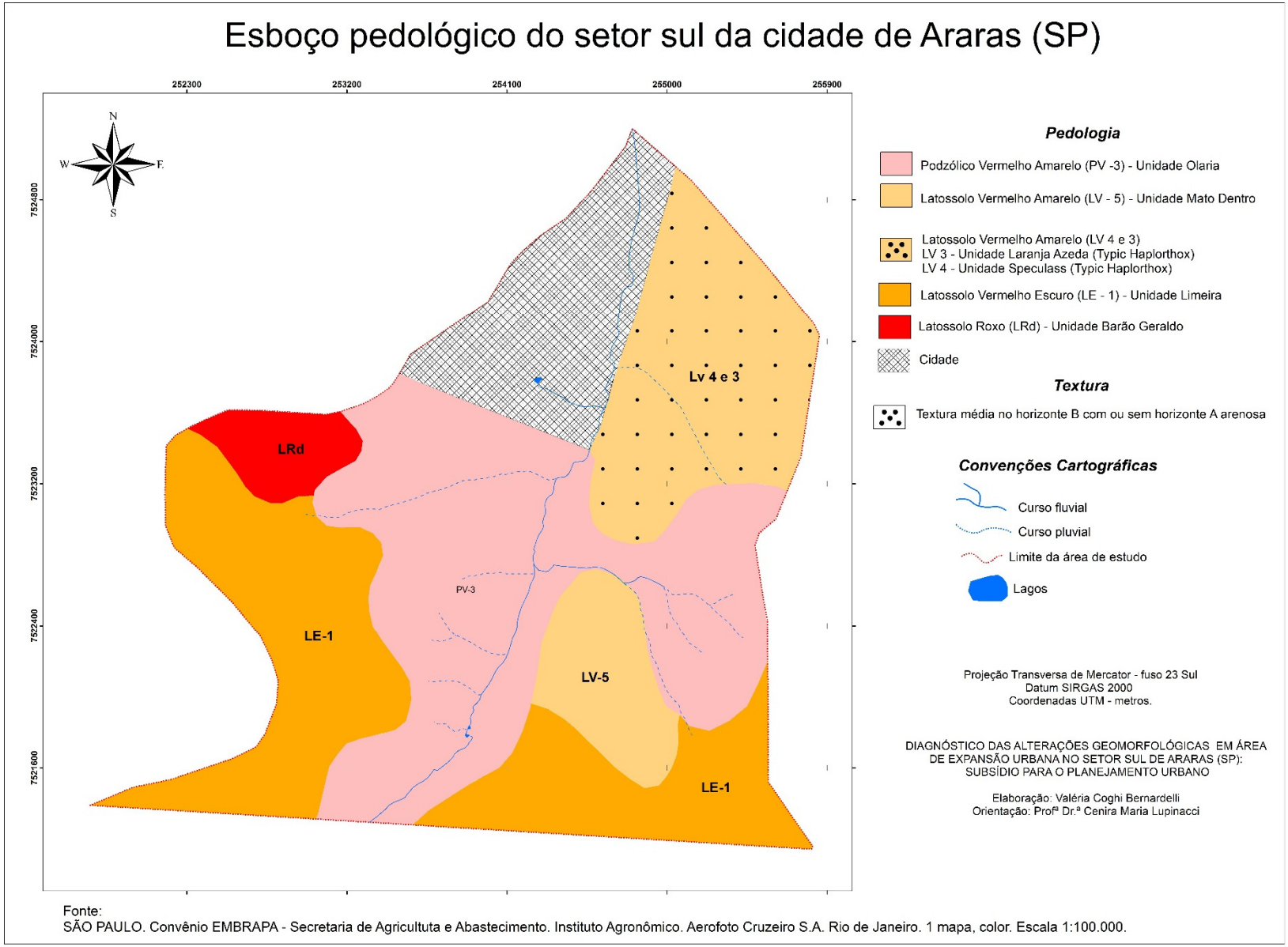


Figura 20 – Esboço pedológico da área estudada. Organizado pela autora

Lepsch (2010, p.101-102) caracteriza os perfis mais típicos de Argissolos como:

> [...] diferenciação moderada a marcante no perfil, com um horizonte A escuro sobre um E de cor acinzentada e assente sobre um horizonte B com aumento de argila, espessura mediana (0,5 a 1,5 m), cores vermelho – amareladas e estrutura em blocos subangulares, moderada a fortemente desenvolvida, e revestimentos de argilas (cerosidade). As principais variações apresentam um horizonte A bastante espesso e escuro (Argissolo com A proeminente), transições difusas entre horizontes (Argissolos intermediários para Latossolos), horizonte superficial arenoso muito espesso (Argissolo arênicos ou espessarênicos), argila de atividade alta (antes denominados "Rubrozems" e "Alissolos"), horizonte plíntico ou glei abaixo do B textural (intermediários para Plintossolos e Gleissolos), textura com cascalhos (popularmente denominados "salmorão"), pouco profundos (Intermediários para Cambissolos e Neosssolos) e com alta saturação por sódio (intermediários para Planossolos). (LEPSCH, 2010, p. 101-102)

Na área de estudo, há três tipos de latossolos que pertencem a unidades diferentes. O Latossolo Roxo (LRd), Unidade Barão Geraldo, possui horizonte A moderado, textura muito argilosa ou argilosa e é distrófico. Na Unidade Limeira, o Latossolo Vermelho Escuro (LE-1) se caracteriza por horizonte A moderado, textura argilosa e caráter álico. O Latossolo Vermelho Amarelo da Unidade Mato Dentro apresenta semelhanças com o solo descrito anteriormente, contudo a diferença é na textura que, segundo o IAC (1981) é média.

Para Lepsch (2010, p. 96), os perfis de Latossolos mais característicos possuem horizonte A pouco espesso e o horizonte B muito espesso com variação na cor (vermelho e amarelo), friável e alta porosidade. No geral, a textura do perfil varia de arenosa a muito argilosa.

A esculturação do relevo do cenário estudado sofre influências dos solos e das formações apresentadas, assim como de diferentes massas de ar. De acordo com Monteiro (1973), as correntes de ar que atuam nessa unidade geomorfológica assim como no estado de São Paulo são: massa polar atlântica (mPa), massa tropical atlântica (mTa), massa equatorial continental (mEc) e massa tropical continental (mTc).

Cada massa de ar opera de maneira diferente ao longo das estações do ano. A mPa provoca redução da temperatura e, por vezes, precipitação durante o inverno e o outono, enquanto, no verão e na primavera, a mesma causa chuvas e diminuição ligeira das temperaturas, apesar de ter uma rota mais oceânica e extensão pequena.

Segundo Pitton (1997, p. 58), a mTa age na primavera e no verão ocasionando chuvas em função do aquecimento basal (células convectivas), ao passo que no inverno e no outono a mesma traz estabilidade. A mEc é caracterizada por ser quente e úmida, colaborando para

índices pluviométricos altos e para o aquecimento, à medida que a mTc é quente e seca, auxiliando no aquecimento basal.

Portanto, a Depressão Periférica e a área estudada apresentam duas estações bem definidas: um período chuvoso (verão e primavera) e outro seco (outono e inverno). A essa sequência de condições Monteiro (1973, p. 27) denominou de "clima tropical alternadamente seco e úmido (A2)".

Para o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI), o município de Araras-SP tem um clima, pela classificação de Koppen, do tipo CWA, ou seja, inverno seco e ameno com verões quentes e úmidos.

O tipo de vegetação que se desenvolve na área de estudo é influenciado pelo tipo de clima. Contudo, sua identificação é dificultada pela devastação que ocorreu desde o período colonial até o presente momento, principalmente com a produção de cana- de-açúcar e expansão urbana. De acordo com Planidro (1972 *apud* MARINHO, 1999, p. 36), a vegetação era composta de floresta mesófila semidecídua e manchas de cerrado e capoeira. Matthiesen (2003) e IBGE (2015) pontuam que o bioma predominante no município é o cerrado.

Diante do exposto, evidencia-se que o levantamento da história do município é importante para entender como a área de estudo foi se transformando, ao longo do período selecionado para esta pesquisa (1962 – 2016). Pela caracterização física, observou-se que o objeto de estudo apresenta fragilidade, ou seja, litologia e solos susceptíveis a sofrerem processos erosivos. Ainda, a área selecionada é um setor do município, considerado vetor de expansão urbana (lei complementar número 3.901/2006).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados que serão discutidos, a seguir, se baseiam na carta de declividade (Figura 21), nas cartas geomorfológicas e de uso e ocupação da terra (Figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27) dos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016, na carta de materiais inconsolidados (Figura 28), na carta de derivações ambientais e transgressão legal (Figura 29), na carta de fragilidade física (Figura 30) e, por fim, na carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (Figura 31).

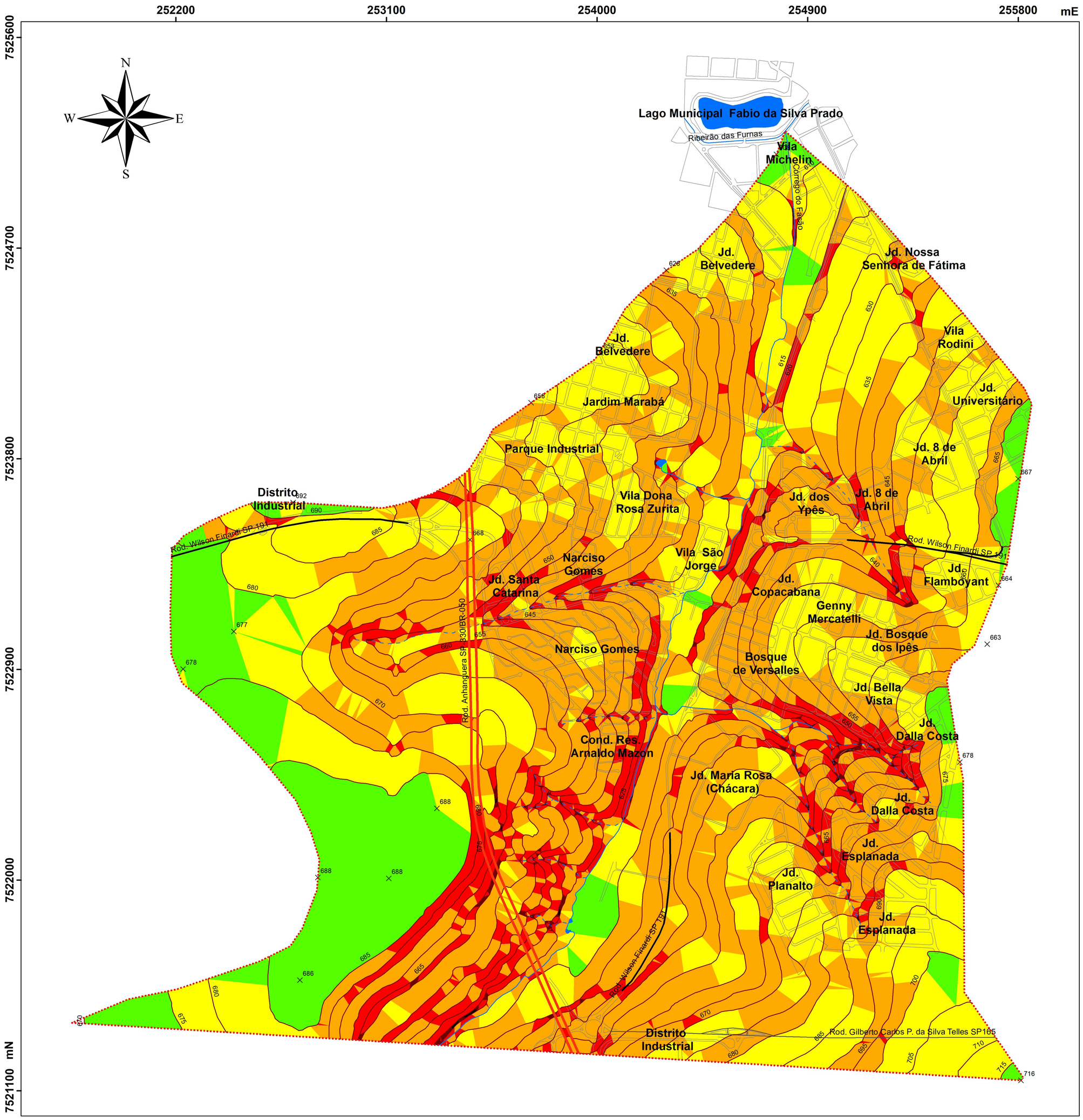
A partir desses documentos cartográficos, foram extraídas informações quantitativas que serão analisadas de forma conjunta e por período. A fim de facilitar a exposição desses dados, bem como o entendimento dos mesmos, primeiramente, as informações sobre declividade serão apresentadas e, em seguida, os dados das cartas geomorfológicas, de uso da terra e de materiais inconsolidados, identificando as transformações antropogênicas e os estágios de urbanização na visão de Savini e Kammirer (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 *apud* NIR, 1983, p. 117-120). Para, posteriormente, indicar a fragilidade física e os níveis de restrição do relevo, através das mudanças antrópicas, que serão destacadas. A análise do parâmetro morfométrico declividade é fundamental, pois auxilia na elaboração do planejamento urbano, além de ser um parâmetro de restrição ao uso da terra que consta na lei federal 12.651 e 12.727/2012 (Código Florestal) e 6.766/1979 (Lei Lehman) e, também, na lei complementar municipal 3.902/2006 (Lei de parcelamento do solo urbano do município)

Através da carta de declividade (Figura 21), constatou-se que 43,78% da área estudada (Gráfico 3) têm declividade entre 5% |- 12%, sendo favorável ao processo de urbanização e ao desenvolvimento de atividades agrícolas que empregam o uso de maquinário (DE BIASI, 1992; MASCARÓ, 2005). A maioria da área dessa classe de declividade situa-se principalmente na baixa e média vertente nos bairros Narciso Gomes, Jardim dos Ypês, Jardim 8 de Abril, Jardim Bela Vista e Bosque de Versalles, podendo ser encontrada também na alta vertente nos bairros Jardim Dalla Costa e Jardim Esplanada (Figura 21).

O intervalo de 2% |- 5% é o segundo mais representativo (Gráfico 3) que abrange diversos setores da alta, média e baixa vertente com formas de vertentes côncavas, convexas e retilíneas. Os terrenos que se enquadram nesse intervalo de declive são úteis tanto para o uso urbano quanto para o uso agrícola, pois a característica plana facilita o processo de ocupação (MASCARÓ, 2005; DE BIASI, 1992), principalmente para a construção urbana.

Constatou-se que somente 11,26% da área de estudo apresentam terrenos com declives inferiores a 2%. Tal classe está atrelada a topos suaves e ao fundo de vale do curso principal (Córrego do Facão), tendo um pouco de estrutura urbana do Jardim Universitário, Jardim

Carta de Declividade do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)



Legenda

1. Declividade

Classes

- 0 |- 2%
- 2% |- 5%
- 5% |- 12%
- 12% |- 30%
- 30% |- 45%
- > 45%

2. Convenções cartográficas

- Curso fluvial
- Curso pluvial
- Lagos
- Curva de nível
- Ponto cotado
- Quadras
- Contorno do sistema viário
- Rodovia Anhanguera (SP-330; BR-050)
- Rodovia Wilson Finardi (SP-191)
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP-165)
- Limite da área de estudo

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equisdistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

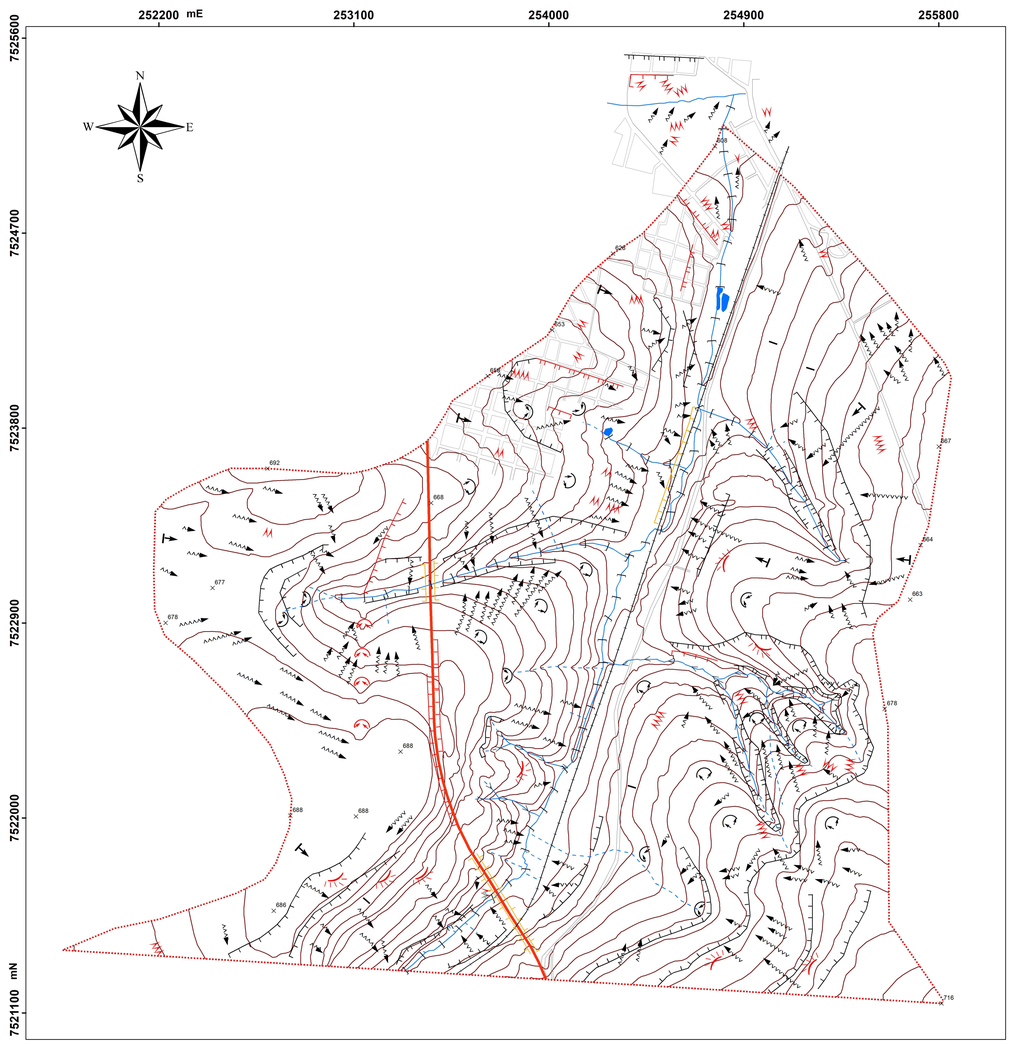
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

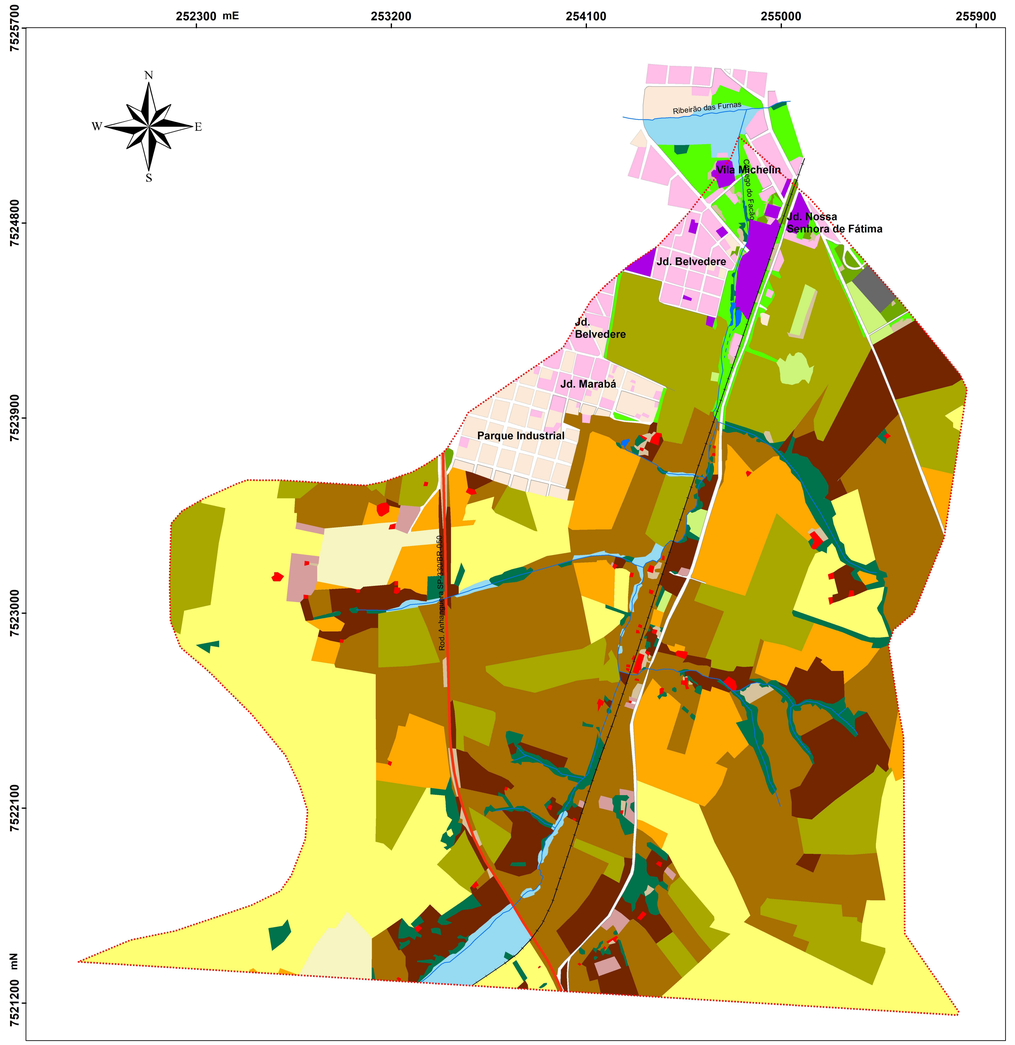
Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2017. 1 mapa. Escala 1:10.000.

Figura 21 - Carta de Declividade do Setor Sul da cidade de Araras (SP)

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1962





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	679

Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Curso fluvial	
		Curso pluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)	
		Fundo de vale plano (])	
Modelado Antrópico	Aterro		
	Corte		
	Ruptura topográfica antrópica		
	Vertente côncava antrópica		
	Terraço agrícola		

Convenções Cartográficas

Lagos	
Limite da área de estudo	
Quadras/contorno do sistema viário	
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)	
Linha Férrea	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Chácaras	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Cultura permanente	
	Citricultura	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

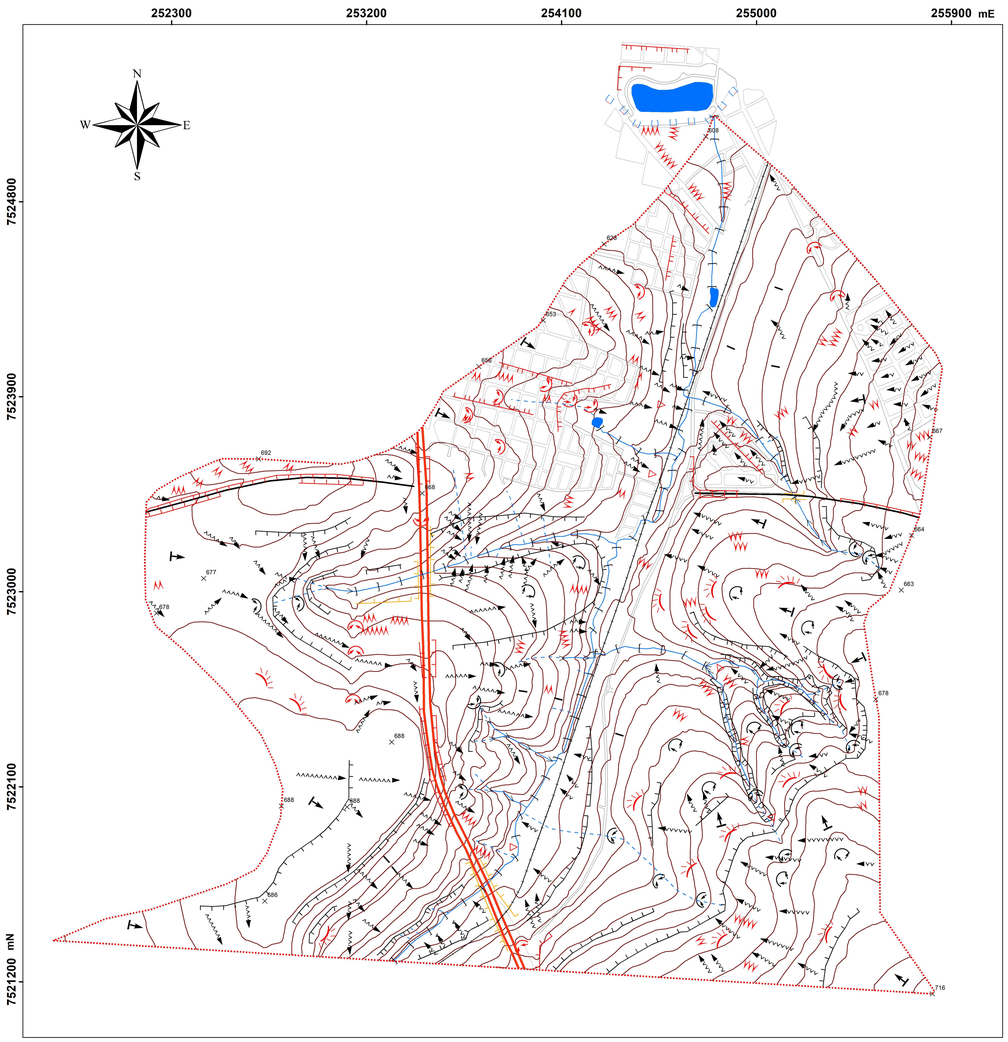
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

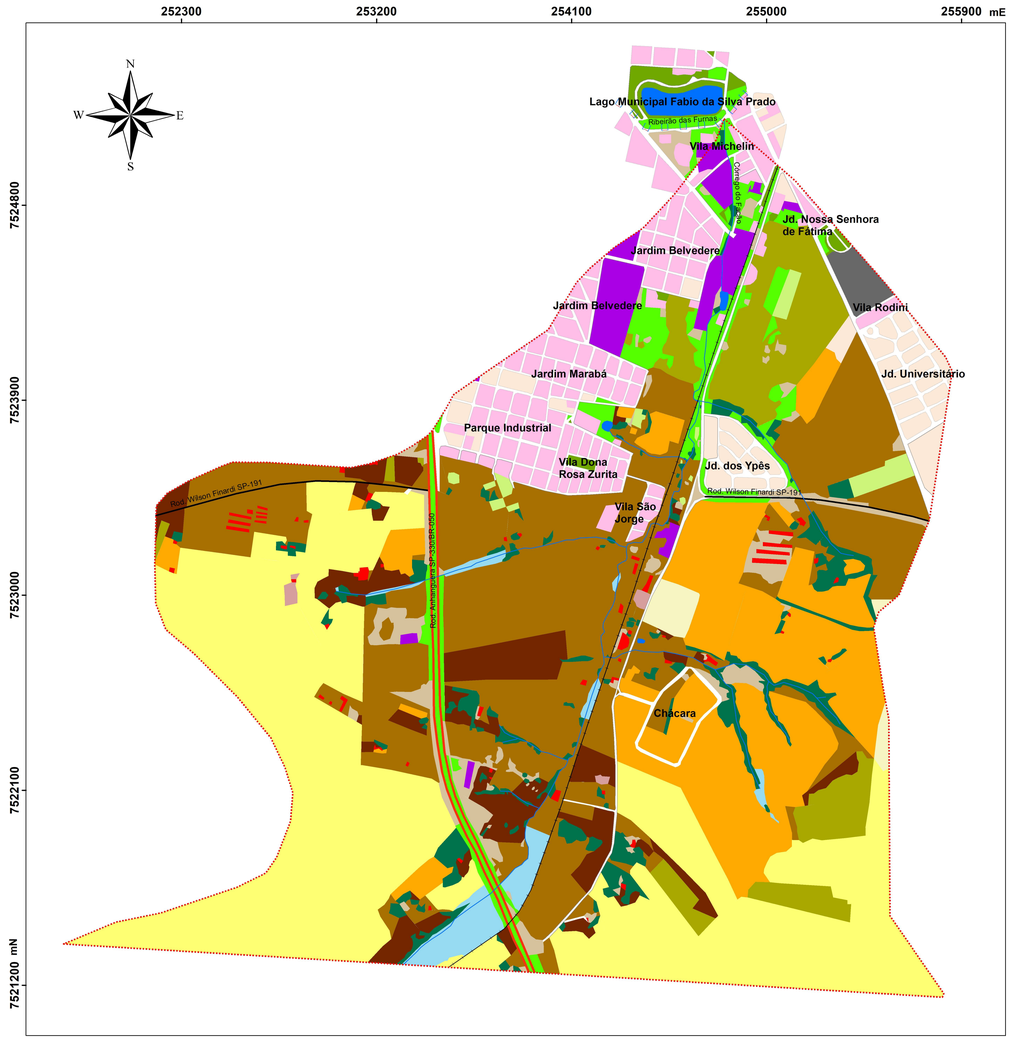
Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

PROSPEC S.A. - GEOFOTO S.A. Aerolevantamento. Fotos: região 5 - 10400, 10401, 10402, 10577e 10579. Escala aproximada 1:25.000.

Figura 22 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1962

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1978





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	

Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)	
		Fundo de vale plano (U)	
		Ruptura topográfica suave	
		Ruptura topográfica abrupta	
Modelado Antrópico	Aterro		
	Corte		
	Ruptura topográfica antrópica		
	Vertente côncava antrópica		
	Terraço agrícola		

Convenções Cartográficas

Lagos	
Limite da área de estudo	
Quadras/contorno do sistema viário	
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)	
Rodovia Wilson Finardi (SP - 191)	
Linha Férrea	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Cultura permanente	
	Citricultura	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

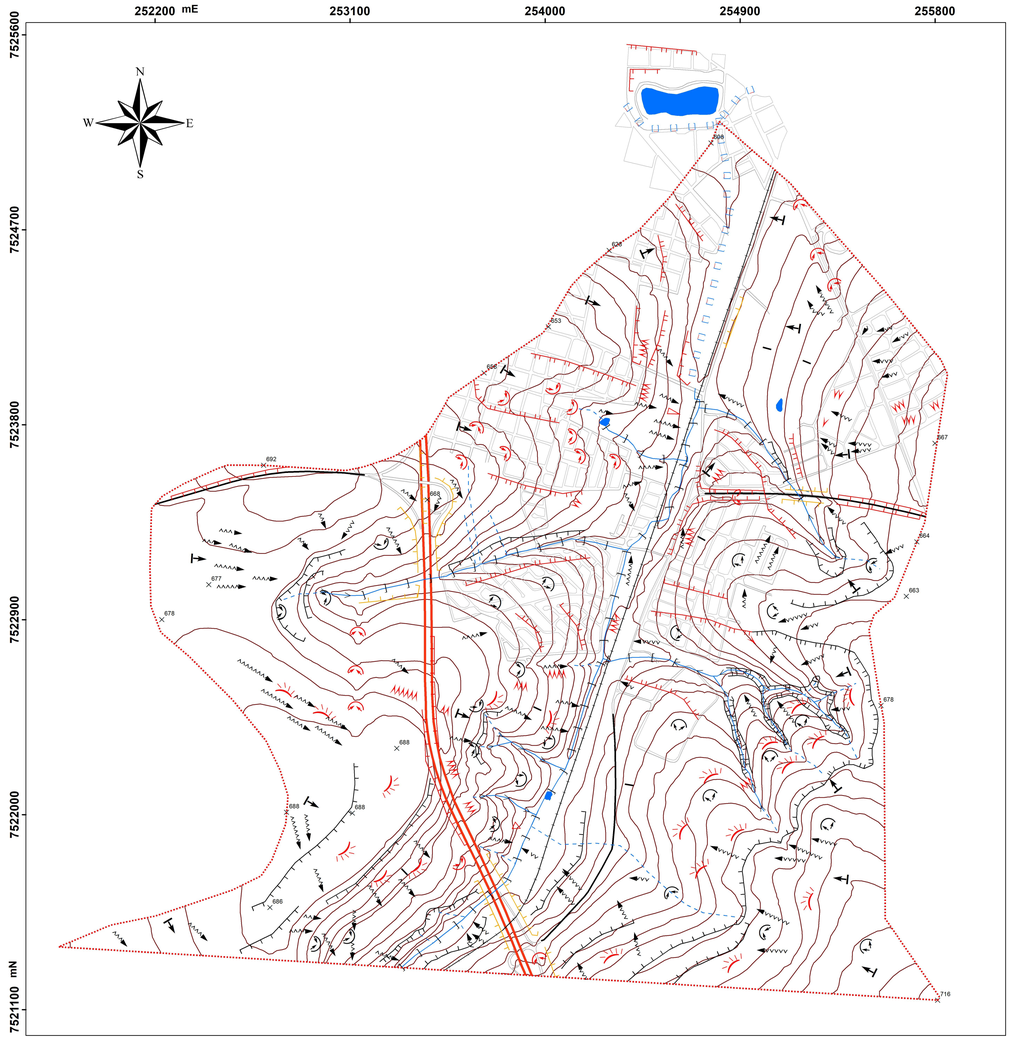
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

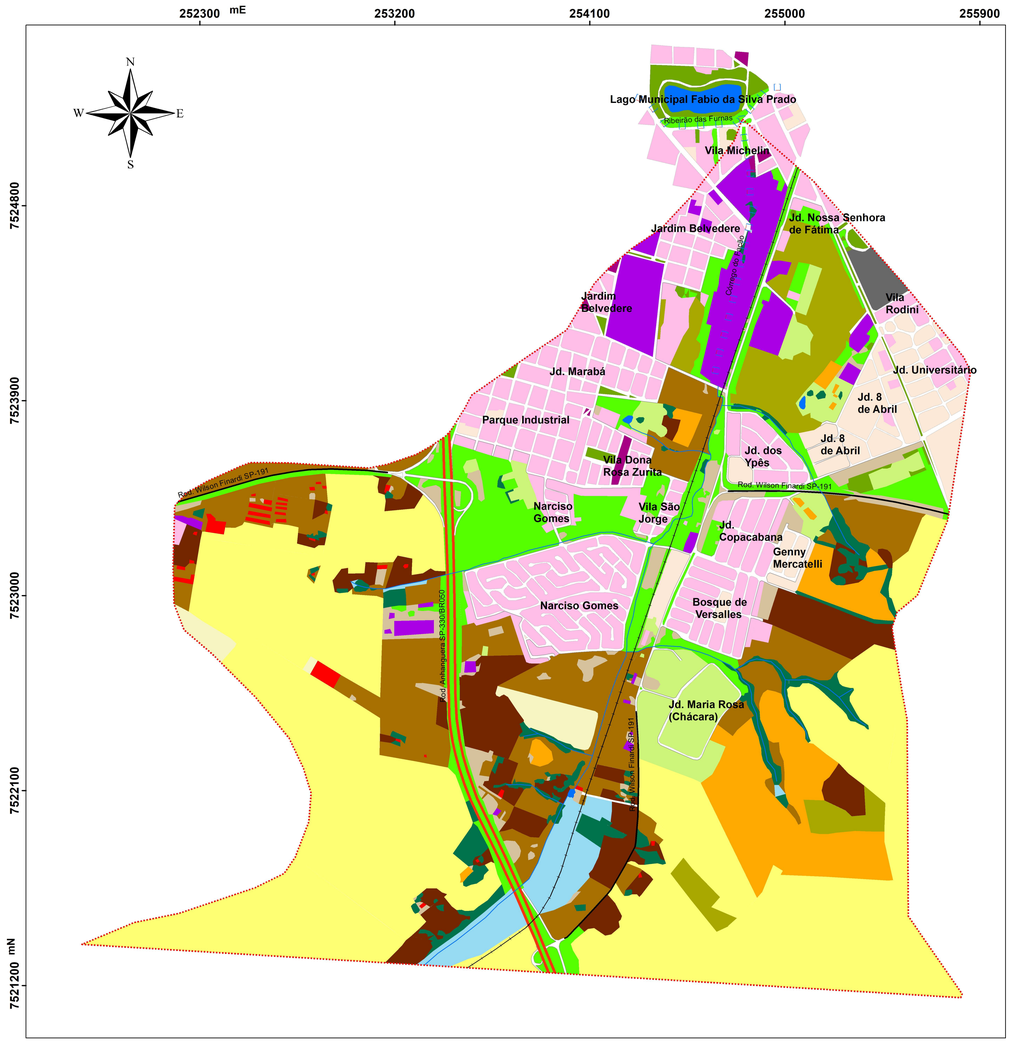
Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

TERRAFOTO S.A. Aerolevantamento. Fotos: faixa 08 (2451,2542,2453,2454); faixa 09 (2508, 2509, 2510, 2511). Escala aproximada 1:35.000.

Figura 23 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1978

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1988





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	679

Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)	
		Fundo de vale plano (j)	
		Ruptura topográfica suave	
		Ruptura topográfica abrupta	
Modelado Antrópico	Aterro		
	Corte		
	Ruptura topográfica antrópica		
	Canal fluvial canalizado		
	Vertente côncava antrópica		
	Terraço agrícola		

Convenções Cartográficas

Lagos	
Limite da área de estudo	
Quadras/contorno do sistema viário	
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)	
Rodovia Wilson Finardi (SP - 191)	
Linha Férrea	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área edificada	
	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Chácaras	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo Exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Citricultura	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

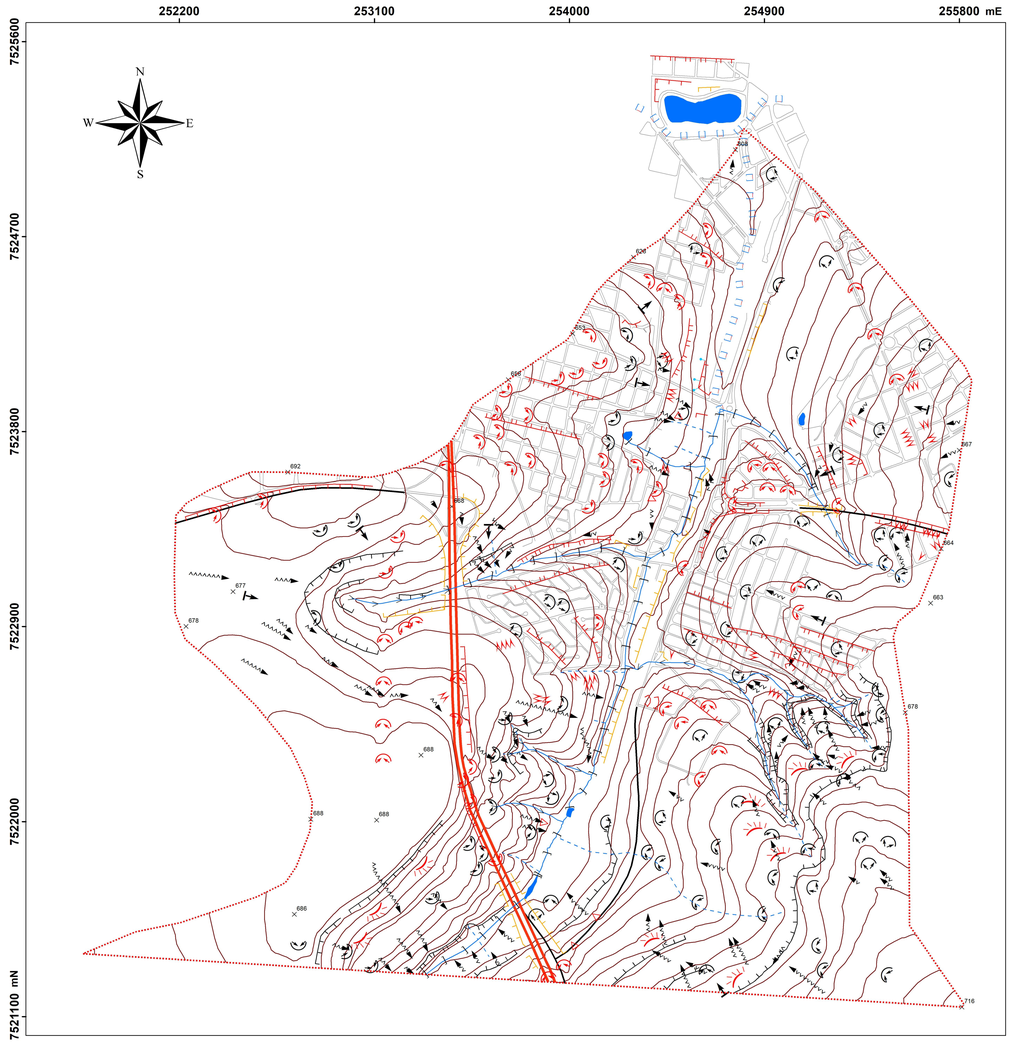
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci

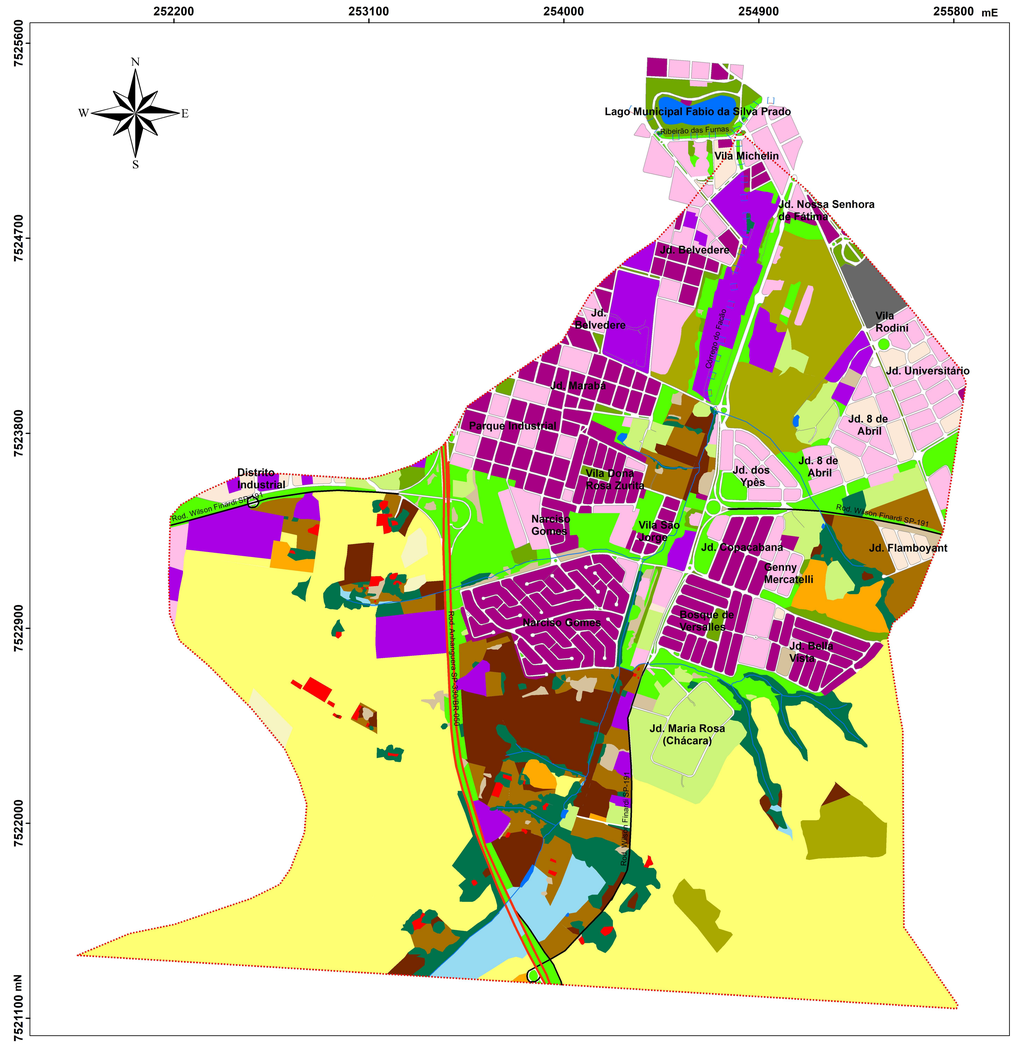
Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

TERRAFOTO S.A. Aerolevantamento. Fotos: faixa 45C (4, 5 e 6); faixa 46A (12, 13 e 14). Escala aproximada 1:40.000.

Figura 24 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1988

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 1997





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	679

Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Canal fluvial
		Canal pluvial
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)
		Fundo de vale plano (])
		Ruptura topográfica suave
		Ruptura topográfica abrupta
Modelado Antrópico	Aterro	
	Corte	
	Ruptura topográfica antrópica	
	Canal fluvial canalizado	
	Canal artificial para escoamento de águas pluviais	
	Vertente côncava antrópica	
	Terraço agrícola	

Convenções Cartográficas

Lagos	
Limite da área de estudo	
Quadras/contorno do sistema viário	
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)	
Rodovia Wilson Finardi (SP - 191)	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área edificada	
	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Chácaras	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Citricultura	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	
Águas	Lagos e represamentos	

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

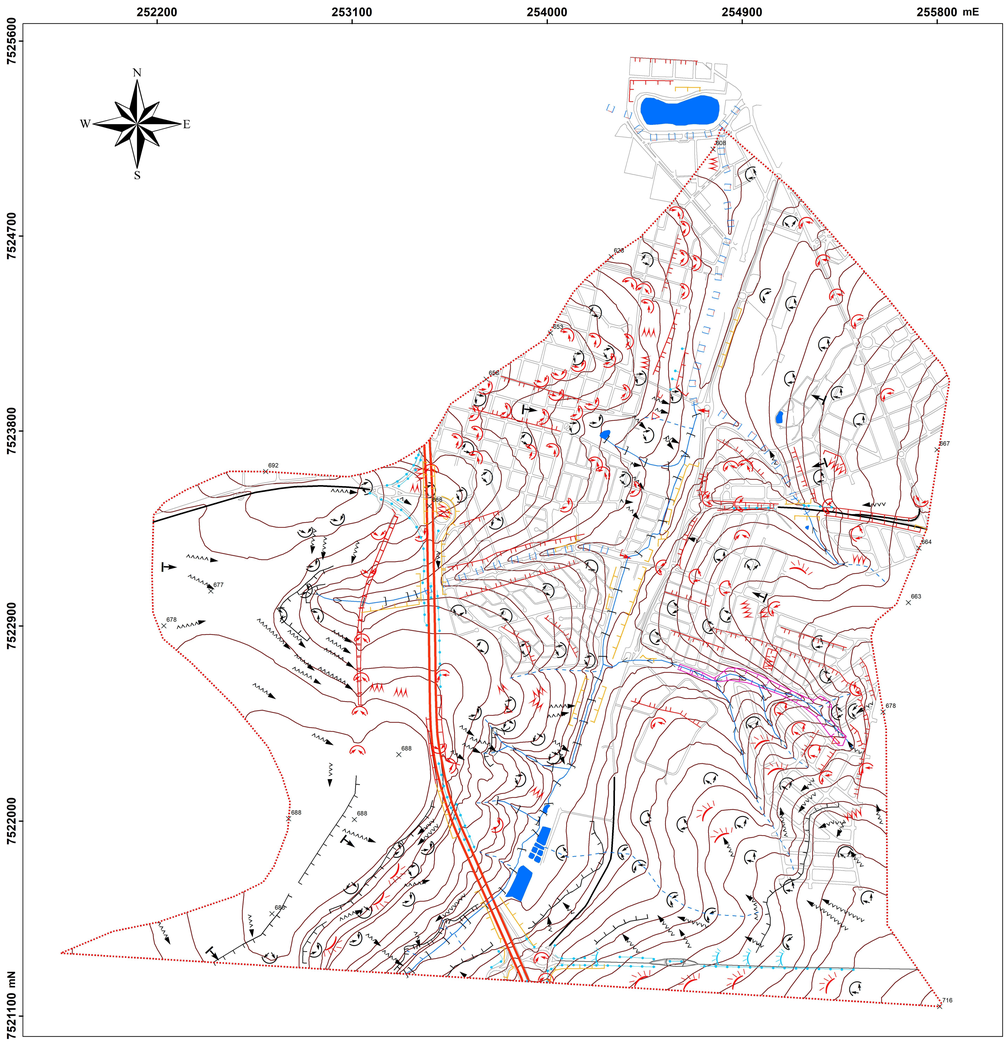
DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

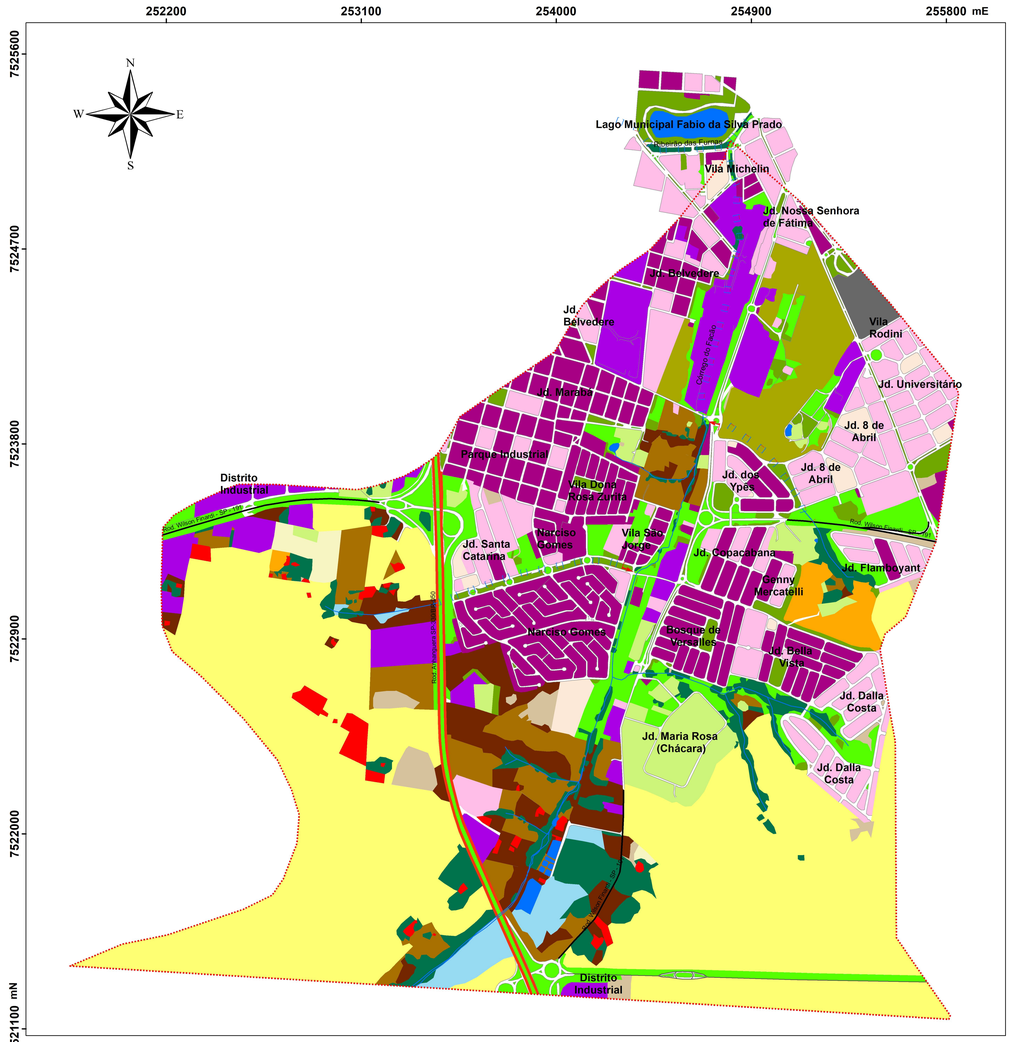
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S.A. Aerolevantamento. Fotos: números - 172, 173, 174, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65. Escala aproximada 1:8.000.

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 2010





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
		Voçoroca	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	679
Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)	
		Fundo de vale plano (|)	
		Ruptura topográfica suave	
		Ruptura topográfica abrupta	

Modelado Antrópico	Aterro
	Corte
	Ruptura topográfica antrópica
	Canal fluvial retilinizado
	Canal fluvial canalizado
	Canal artificial para escoamento de águas pluviais
	Saída de drenagem
	Vertente convexa antrópica
	Vertente côncava antrópica
	Terraço agrícola
	Bacia de contenção

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

Convenções Cartográficas

Lagos	
Limite da área de estudo	
Quadras/contorno do sistema viário	
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)	
Rodovia Wilson Finardi (SP - 191)	
Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP - 165)	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área edificada	
	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Chácaras	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo Exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Citricultura	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

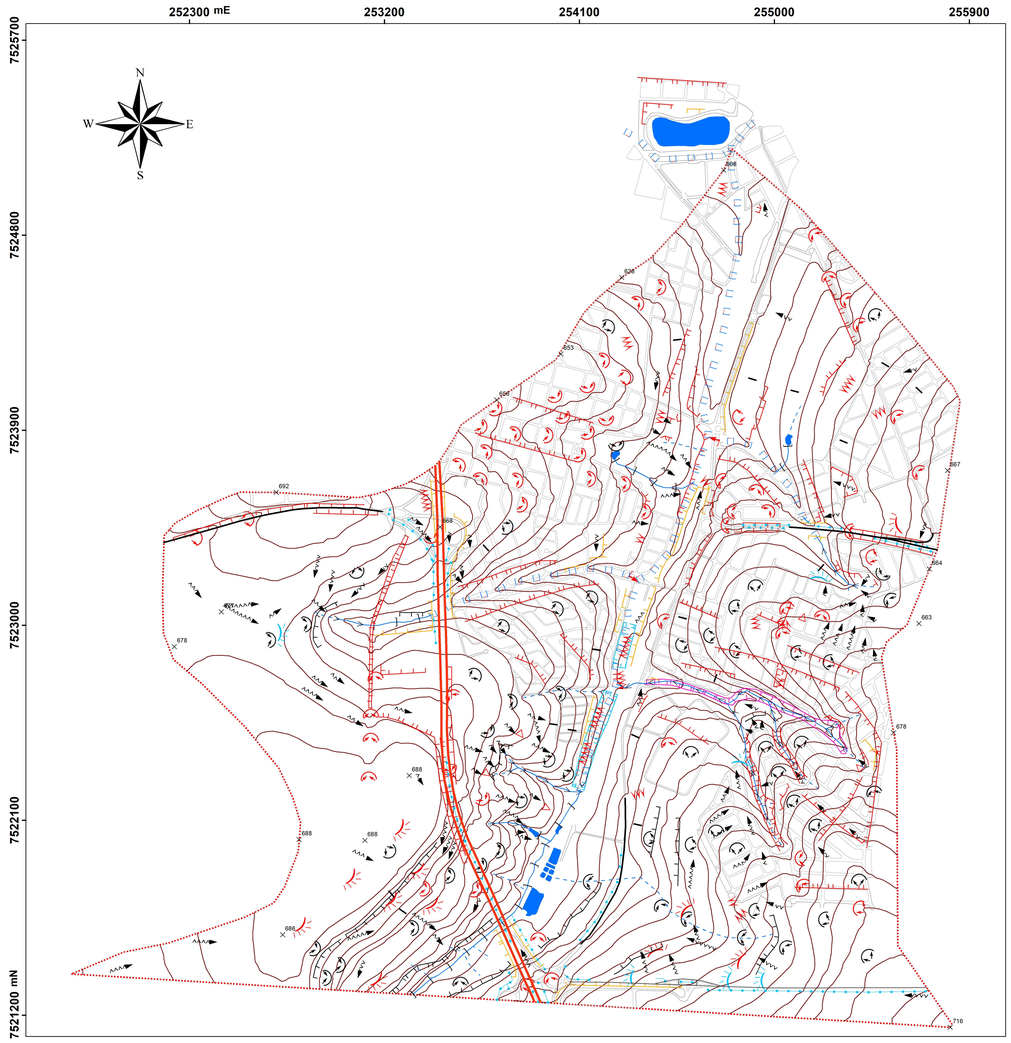
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

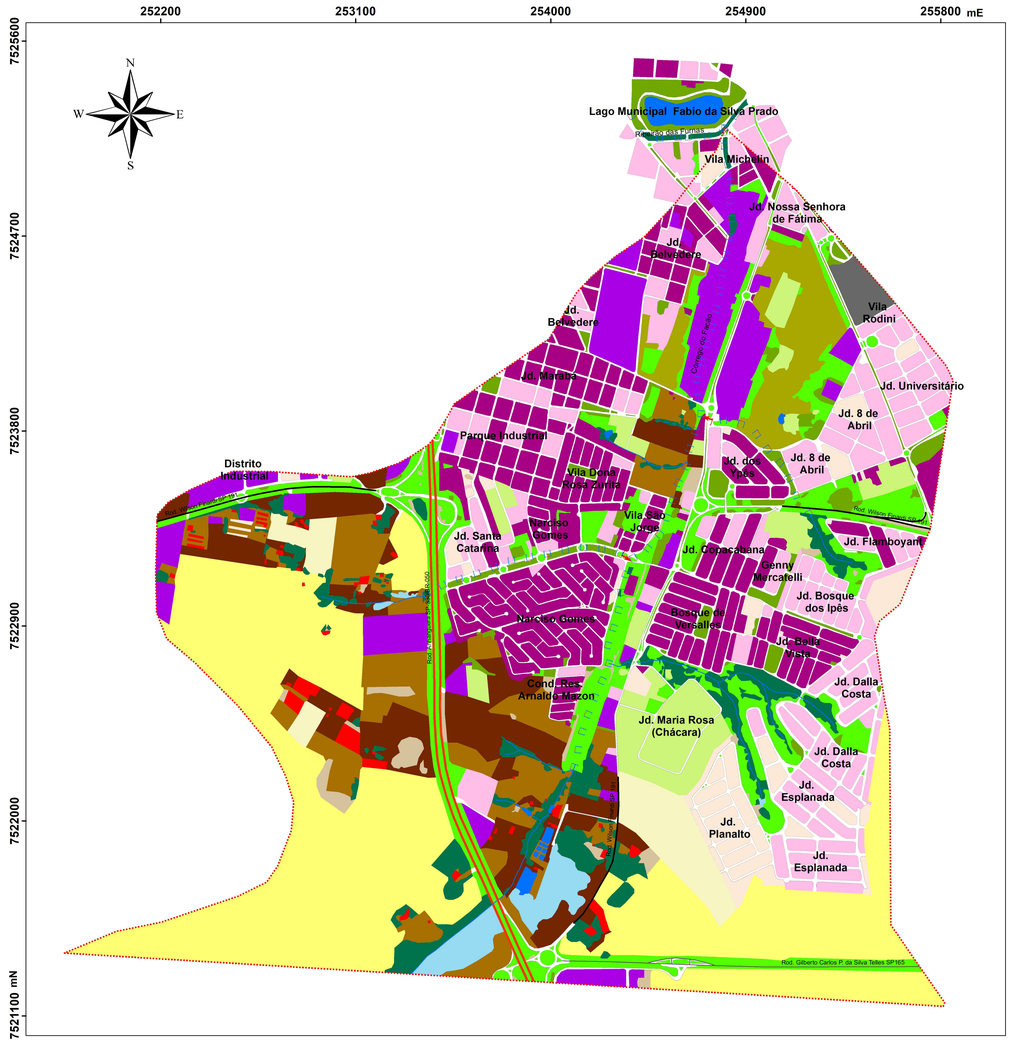
Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000..

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA). Projeto Mapeia São Paulo. Ortofotos: SF - 23- Y - A - II - 3 - NO; SF - 23- Y - A - II - 3 - NE; SF - 23- Y - A - II - 3 - SO e SF - 23- Y - A - II - 3 - SE.

Figura 26 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 2010

Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 2016





Formas de vertentes e interflúvios	Vertente	Convexa	
		Côncava	
		Retilínea	
	Formas localizadas	Marcas de erosão difusa	
		Sulco erosivo	
		Ravina	
		Voçoroca	
	Feições topográficas	Caimento topográfico	
		Curva de nível	
		Ponto Cotado	679
Ação das águas correntes	Feições hidrográficas	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale encaixado (V)	
		Fundo de vale plano (I)	
		Ruptura topográfica suave	
		Ruptura topográfica abrupta	

Modelado Antrópico	Aterro
	Corte
	Ruptura topográfica antrópica
	Canal fluvial retilinizado
	Canal fluvial canalizado
	Canal artificial para escoamento de águas pluviais
	Saída de drenagem
	Vertente convexa antrópica
	Vertente côncava antrópica
	Terraço agrícola
	Bacia de contenção
	Limite do reservatório de contenção - "piscinões"

Convenções Cartográficas

Lagos
Limite da área de estudo
Quadras/contorno do sistema viário
Rodovia Anhanguera (SP - 330, BR - 050)
Rodovia Wilson Finardi (SP - 191)
Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP - 165)

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área edificada	
	Área parcialmente edificada	
	Área sem edificação	
	Indústrias	
	Chácaras	
	Cemitério	
	Construção rural	
	Área Verde urbana	
	Cobertura herbácea	
	Vias com ou sem pavimentação	
	Solo exposto	

Agrupamentos	Uso	Cor
Áreas Antrópicas Agrícolas	Cana-de-açúcar	
	Cultura anual	
	Silvicultura	
	Pasto limpo	
	Pasto sujo	
Áreas de Vegetação	Mata	
	Vegetação de áreas úmidas	
Águas	Lagos e represamentos	

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Equidistância das curvas de nível: 5 metros
Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

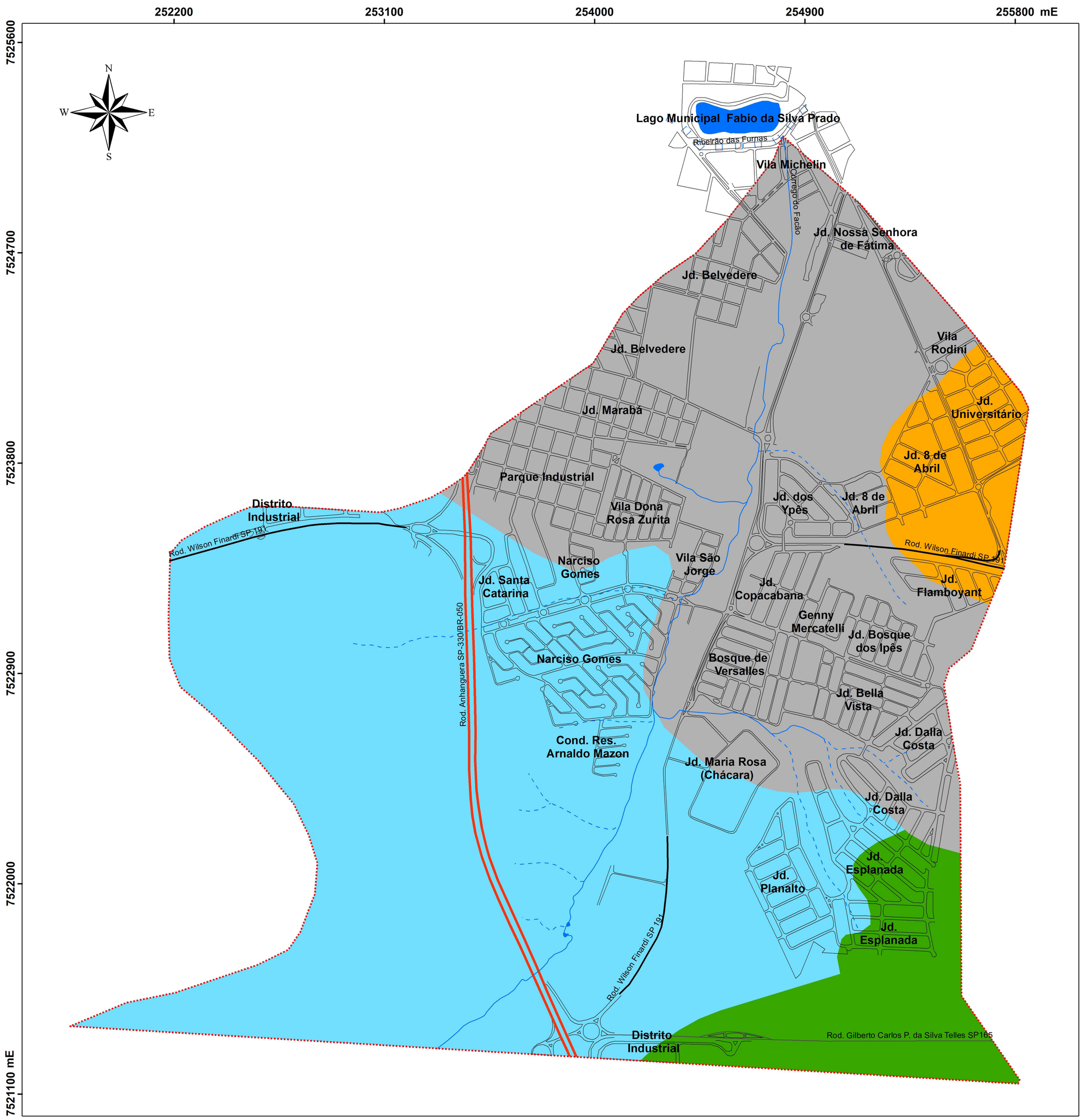
Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci

Fonte:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

GOOGLE EARTH PRO. Imagens do ano de 2016. Acesso: 16 abr. 2017.

Figura 27 - Carta Geomorfológica e de Uso da Terra do Setor Sul da Cidade de Araras (SP) - 2016

Carta de Materiais Inconsolidados do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)



Legenda

Materias Inconsolidados da área de estudo		
Cor	Classe	Descrição da classe
	Classe 1	Material derivado da Formação Tatuí, com espessura aproximada de 61 cm a 78 cm, fração areia fina predominante e, em seguida, argila e silte; permeabilidade de muito baixa a média ($3{,}80.10^{-5}$ a $1{,}009.10^{-3}$).
	Classe 2	Material derivado da Formação Irati com espessura aproximada de 17 cm a 72 cm, fração argila predominante e, em seguida, areia fina e silte; permeabilidade de baixa a média ($1{,}99.10^{-4}$ a $3{,}212.10^{-3}$).
	Classe 3	Material derivado de derrames de Basalto com espessura aproximada de 72 cm, fração argila predominante e, em seguida, silte e areia fina; permeabilidade alta ($1{,}103.10^{-2}$).
	Classe 4	Material derivado da Formação Piraçununga, com espessura aproximda de 76 cm, fração areia fina e, em seguida, argila e silte; permeabilidade alta ($1{,}117.10^{-2}$)

Convenções cartográficas

- Curso fluvial
- Curso pluvial
- Lagos
- Quadras
- Contorno do sistema viário
- Rodovia Anhanguera (SP-330; BR-050)
- Rodovia Wilson Finardi (SP-191)
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP-165)
- Limite da área de estudo

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

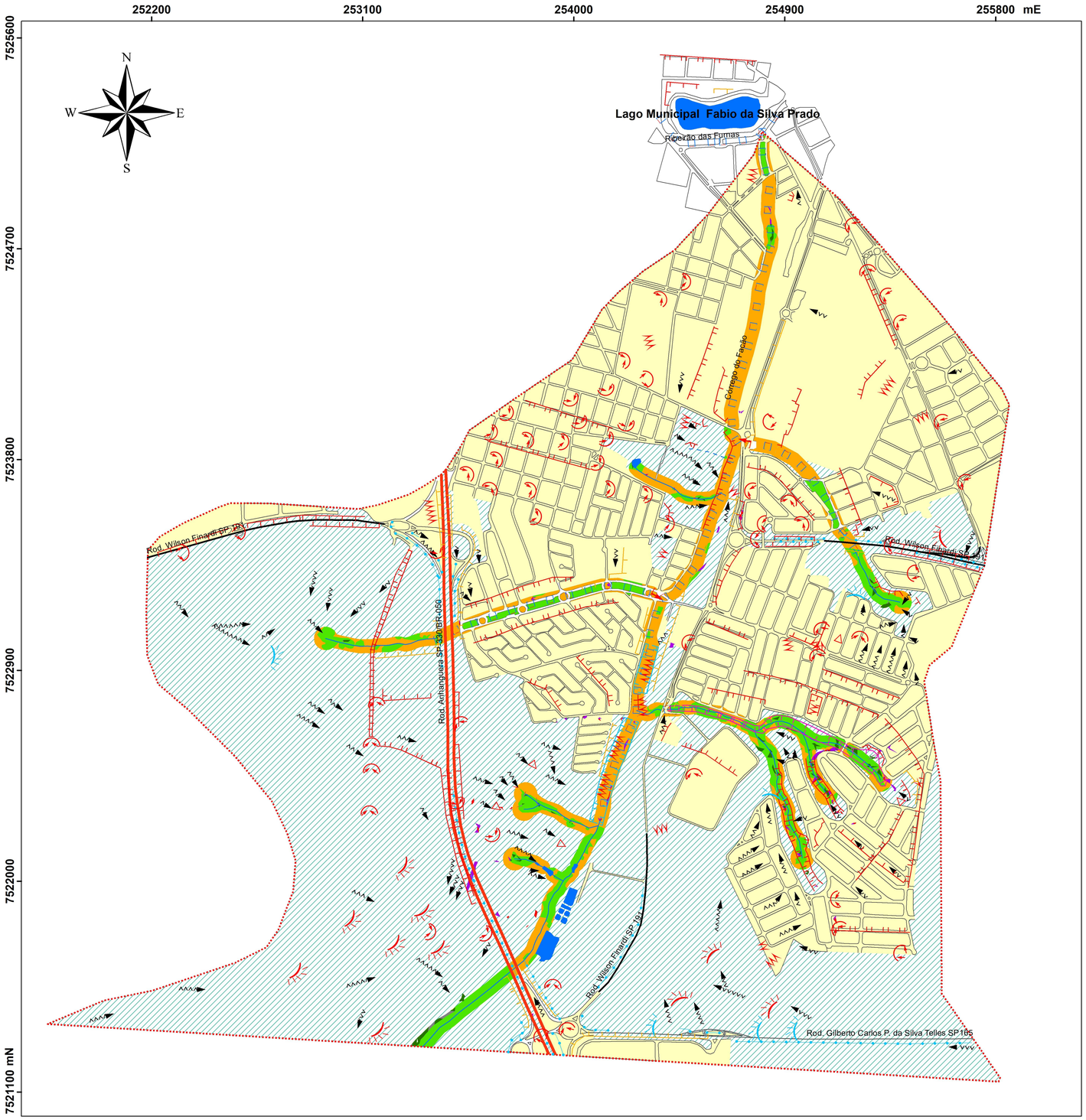
DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NO SETOR SUL DE ARARAS (SP): SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Base Cartográfica:
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.
Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2010. 1 mapa. Escala 1:10.000.

Figura 28 - Carta de Materiais Inconsolidados do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)

Carta de Derivações Ambientais e Trangressão Ambiental do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)



Legenda

1. Uso trangressivo

- Área sem vegetação natural tanto nas margens quanto nas nascentes dos cursos fluviais. Cursos fluviais com menos de 10 metros de largura devem ter no mínimo 30 metros de área de preservação permanente (APP). Nascentes em qualquer situação topográfica APP com um raio mínimo de 50 metros. (BRASIL, leis 12.651/2012 e 12.727/2012)
- Áreas urbanizadas em terrenos com declividade igual ou superior a 30% conforme lei 6.766/1979 (conhecida como Lei Lehmann) e lei municipal 3.902/2006.
- Falta de APPs nas encostas ou parte das mesmas com declividade acima de 45º (100%) na linha de maior declive (Lei 12.651/2012).
- Arruamentos em áreas de APP

2. Uso não trangressivo

- APPs nas margens e nas nascentes dos cursos fluviais dentro dos parâmetros legais estabelecidos pelas leis 12.651/2012 e 12.727/2012).
- Área não urbanizada conforme lei 6.766/1979; além de áreas com declividade acima de 45º conter APP (lei 12.651/2012).
- Uso não transgressivo conforme lei municipal 3.903/2006.
- Uso não transgressivo conforme lei municipal 3.902/2006 e 3.903/2006. Zona de Expansão Urbana (ZEU).

3. Derivações ambientais

- Marcas de erosão difusa
- Sulco erosivo
- Ravina
- Voçoroca
- Curso fluvial
- Canal pluvial
- Curso fluvial canalizado
- Saída de drenagem
- Canal artificial para escoamento das águas pluviais
- Curso fluvial retilinizado
- Reservatório de contenção – “piscinão”
- Bacia de contenção
- Ruptura topográfica antrópica
- Aterro
- Corte
- Terraço agrícola
- Vertente côncava antrópica
- Vertente convexa antrópica

Escala
1:10.000
0 100 200 400
Metros

Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte:

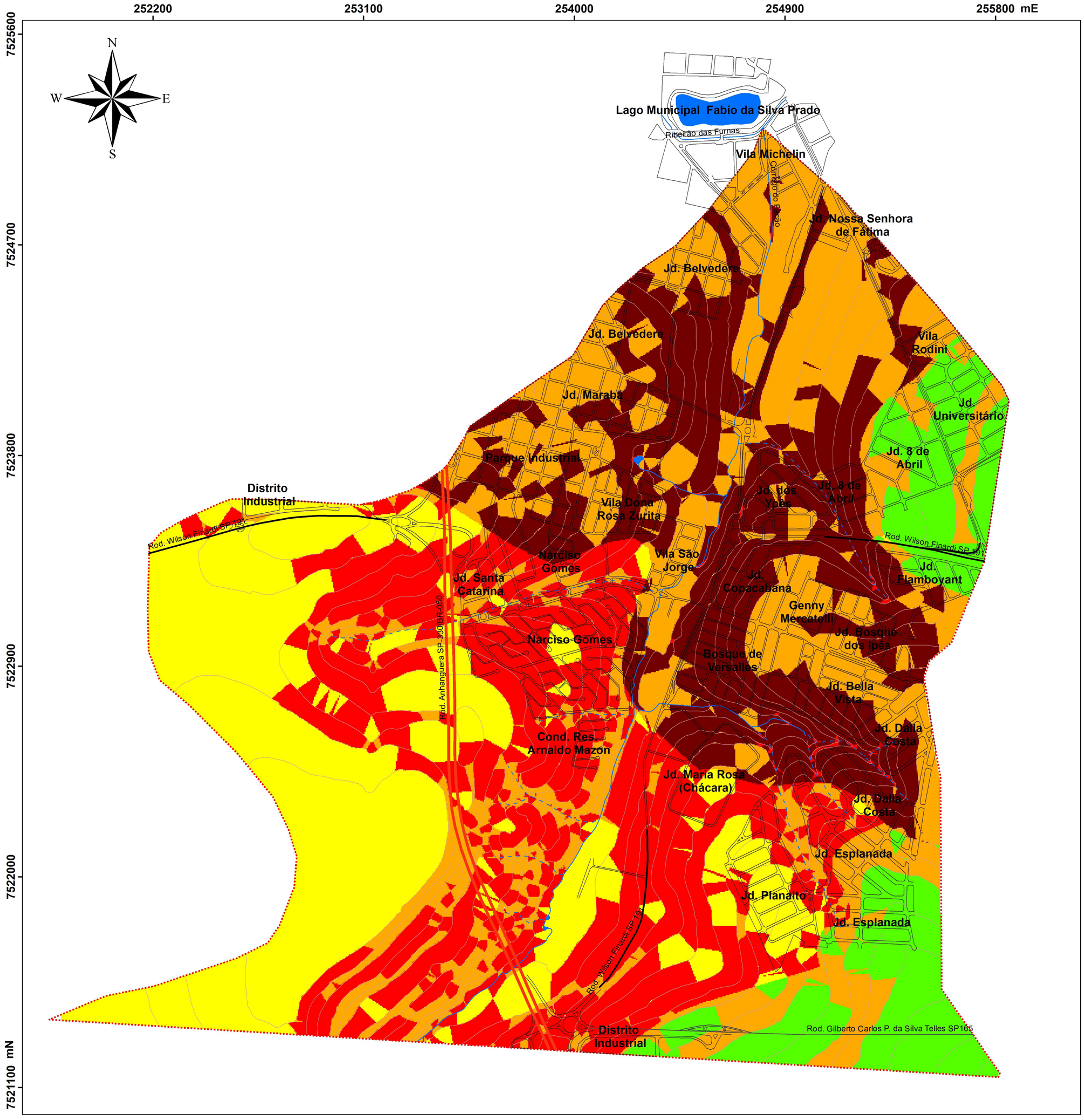
Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2010. 1 mapa. Escala 1:10.000.

BERNARDELLI, V.C. Carta de Declividade, Geomorfológica 2016, e de Usos da terra 2016. Araras, 2018. Escala 1:10.000.

Legislação: lei federal 6.766/1979; lei federal 12.651/2012, 12.727/2012; lei municipal nº 3.902/2006 e nº 3.903/2006.

Figura 29 - Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Ambiental do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)

Carta de Fragilidade Física do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)



Legenda

1. Fragilidade física

Classes

- Muita fraca
- Fraca
- Média
- Forte
- Muito forte

2. Convenções cartográficas

- Curso fluvial
- Curso pluvial
- Lagos
- Curva de nível
- Quadras
- Contorno do sistema viário
- Rodovia Anhanguera (SP-330; BR-050)
- Rodovia Wilson Finardi (SP-191)
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP-165)
- Limite da área de estudo

Escala
1:10.000
0 100 200 400
Metros

Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

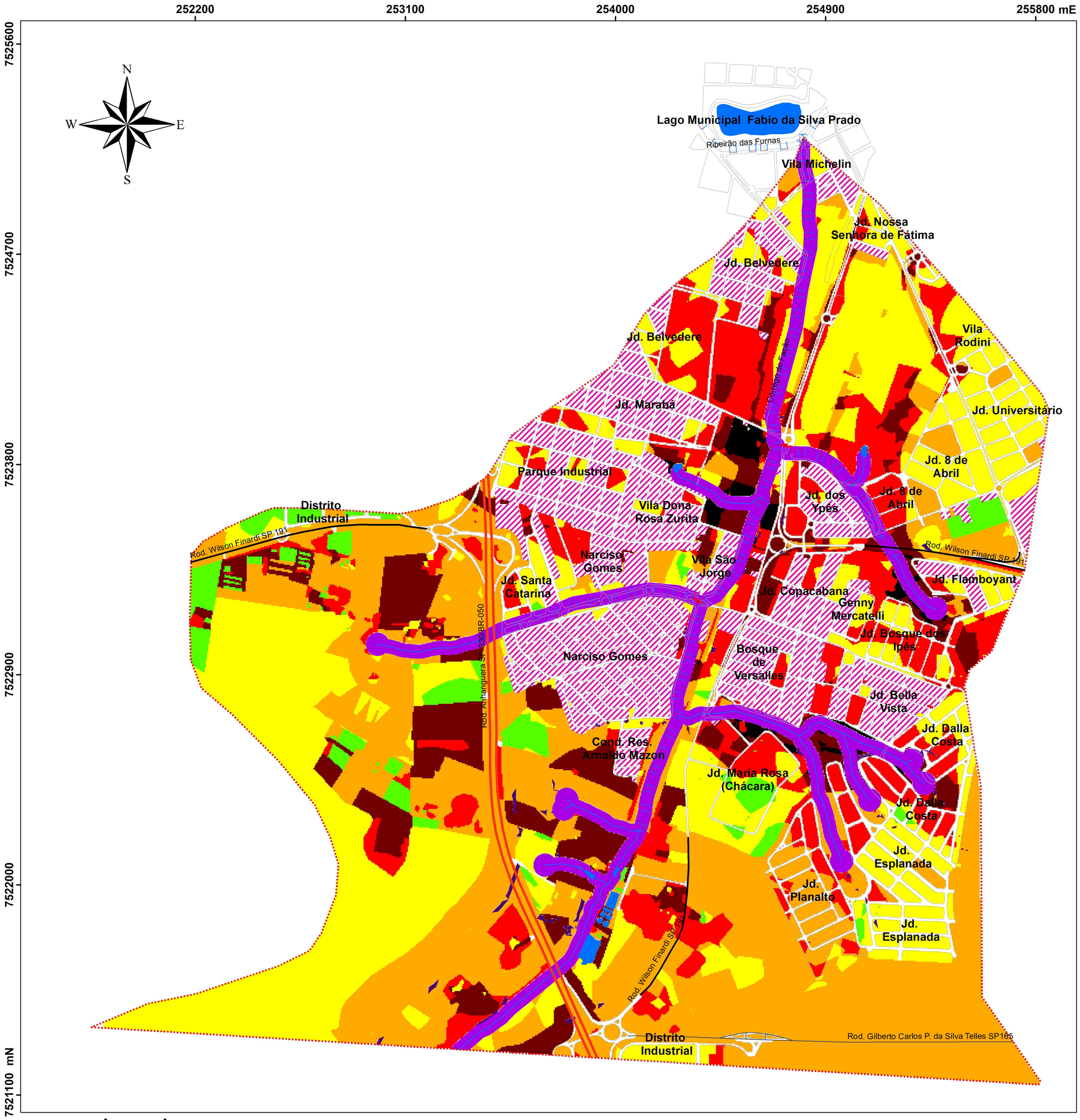
DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Base Cartográfica
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do estado de São Paulo. 4 Cartas: Araras I (SF-23-Y-A-II-3-NO-F); Araras II (SF-23-Y-A-II-3-NE-E); Araras III (SF-23-Y-A-II-3-SO-B); Fazenda Santo Antônio (SF-23-Y-A-II-3-SE-A) . São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.
Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2010. 1 mapa. Escala 1:10.000.
Dados da Fragilidade Física
BERNARDELLI, V.C. Carta de declividade e material inconsolidado. Araras, 2019. Escala 1:10:000.

Figura 30 - Carta de Fragilidade Física do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)

Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano do Setor Sul da Cidade de Araras (SP)



Legenda

1. Níveis de restrição

OBS: ***NÃO HÁ RESTRIÇÃO NULA****. Logo, nas classes muito fraco e fraco, é preciso ter cuidado no processo de urbanização.*

- Muito fraco
- Fraco
- Moderado
- Medianamente forte
- Forte
- Muito forte

2. Áreas restritas

- Área de preservação permanente (APP) – cursos fluviais e nascentes
- Terrenos com declividade superior a 30%
- Área edificada

3. Convenções cartográficas

- Curso fluvial
- Curso canalizado
- Saída de drenagem
- Lagos
- Quadra
- Contorno do sistema viário
- Rodovia Anhanguera (SP-330; BR-050)
- Rodovia Wilson Finardi (SP-191)
- Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva Telles (SP-165)
- Limite da área de estudo

Escala

1:10.000

0 100 200 400 Metros

Projeção Transversa de Mercator - fuso 23 Sul
Datum SIRGAS 2000
Coordenadas UTM - metros.

DIAGNÓSTICO DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS
EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA
NO SETOR SUL DE ARARAS (SP):
SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Elaboração: Valéria Coghi Bernardelli
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

-Base Cartográfica
Prefeitura Municipal de Araras - Secretaria de Planejamento, Gestão e Mobilidade. Planta Cadastral da Área Urbana. Araras, 2010. 1 mapa. Escala 1:10.000.
-Fonte da imagem
GOOGLE EARTH PRO. Imagens 2016.
-Dados dos Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano
BERNARDELLI, V.C. Carta de Fragilidade Física e Carta de Uso da Terra 2016. Araras, 2019. Escala 1:10:000.

Figura 31 - Níveis de Restrição do Relevo ao uso Urbano

Belvedere e Parque Industrial (Figura 21 e 29). Segundo Mascaró (2005, p. 22-23), essas áreas (declividade menor que 2%) devem ser evitadas, pois há dificuldade de escoamento das águas pluviais, além de sofrerem sedimentação nas tubulações/galerias em função da baixa velocidade das águas. Portanto, tais áreas são sujeitas à inundação devendo ser poupadas.

No que se refere à classe de declividade 12% |- 30%, esta representa 8,12% da área de estudo. Essa classe está situada principalmente nas nascentes dos afluentes do Córrego do Facão, apresentando vertentes côncavas, convexas e retilíneas nos setores de baixa, média e alta vertente. Ressalta-se que sobre os terrenos enquadrados nessa classe de declive tem-se a urbanização (lotes e arruamentos) dos bairros: Jardim Bela Vista, Jardim Dalla Costa, Jardim 8 de Abril, Jardim Flamboyant e Narciso Gomes, atingindo o limite máximo para lotear sem restrições, de acordo com as leis de parcelamento urbano federal 6.766/1979 (Lei Lehman) e a lei complementar municipal 3.902/2006 (Figura 21). Contudo, na visão de Mascaró (2005, p. 24), esses locais devem ser evitados visto que é preciso realizar obras especiais (rampas e escadas para pedestres; estabilizar o terreno com vegetação; veículos carregados podem subir até uma inclinação de 18% para sua utilização.

Salienta-se que as demais classes (30% |- 45% e ≥ 45%) são pouco expressivas na área de estudo, posicionando-se nos setores de baixa e média vertente (Figura 21). Esses terrenos são inadequados para construção, logo devem ser evitados (MASCARÓ, 2005), e deve-se preservar a vegetação conforme a lei número 12.651/2012 (Código Florestal).

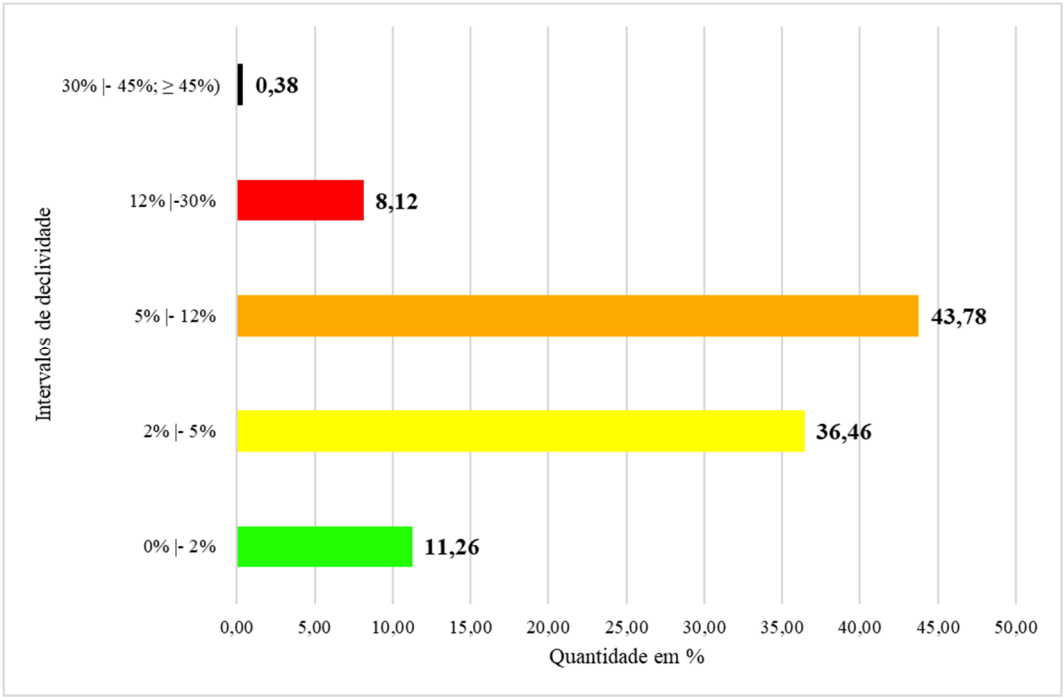


Gráfico 3 - Distribuição da área ocupada em porcentagem pelas classes de declividade na área de estudo. Fonte: carta de declividade da área de estudo. Elaborado e organizado pela autora.

A declividade favorável dos terrenos (2% a 12%) da área de estudo proporcionou o processo de urbanização e o desenvolvimento da citricultura e da cana-de-açúcar no período selecionado (1962-2016). Todavia, este uso foi provocando o surgimento de feições antrópicas e, também, o aparecimento de feições erosivas associados com a declividade e materiais inconsolidados da área (Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28).

Entre os anos de 1962 e 1988, o cultivo de *citrus* era expressivo, contudo, o mesmo foi perdendo espaço para a cultura canavieira, em função do crescimento da Usina São João e da criação do IAA (Gráfico 4) incentivados pelo programa Pro Álcool nos anos 1970.

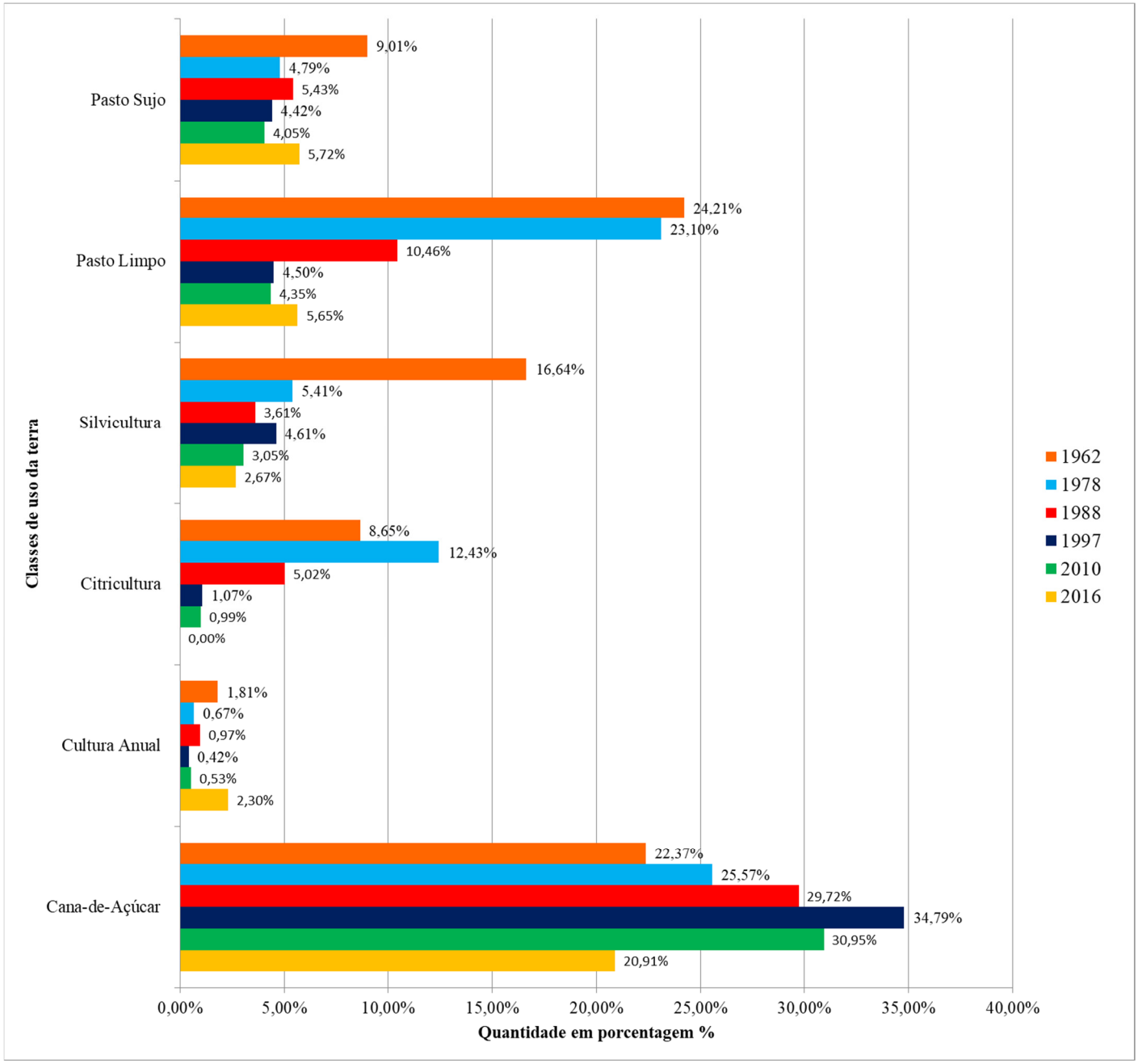


Gráfico 4 – Evolução do uso agrícola na área de estudo. Fonte: carta de uso e ocupação da terra. Elaborado e organizado pela autora.

Tais classes de uso agrícola, principalmente o cultivo de cana-de-açúcar e a citricultura, demandaram mudanças antrópicas nas formas de vertente, por meio da criação de terraços agrícolas, com a finalidade de diminuir a energia do escoamento das águas pluviais, evitando o desencadeamento dos processos erosivos ao longo das vertentes (Figuras 22, 23 e 24). Mesmo com o emprego desta técnica conservacionista, os processos erosivos se desenvolveram em materiais de textura argilosa (pontos 1, 4, 20, 23, 28, 29, 30 31 – Anexo I) que tendem a ser menos suscetível à erosão (desagregação). Segundo Corrêa (2017), essas feições erosivas se originam principalmente no período da entressafra e no estágio inicial do plantio de cana-de-açúcar, quando o solo está desprotegido, coincidindo com o início das chuvas, ou seja, na transição do período seco para o úmido (chuvas de erosão) (CORRÊA, 2016).Tal autora pontua que os materiais argilosos:

> [...] em condições de chuvas erosivas, são susceptíveis ao encharcamento, nos quais a aeração e o desenvolvimento das plantas ficam comprometidos. Também em condições de chuvas erosivas, são solos suscetíveis aos processos de encrostamento, acarretando na selagem superficial do solo e no aumento do escoamento superficial. (CORRÊA, 2016, p.114)

Destaca-se que foi mapeada de forma pontual a localização dos terraços agrícolas e não a sua extensão, assim o gráfico 5 mostra a quantidade detectada. Entre 1962 e 1988, os terraços agrícolas aumentaram devido à expansão da cana-de-açúcar (Gráficos 4 e 5) e à presença de *citrus* principalmente em 1978, tendo redução de 9 em 1997 (Gráfico 5).

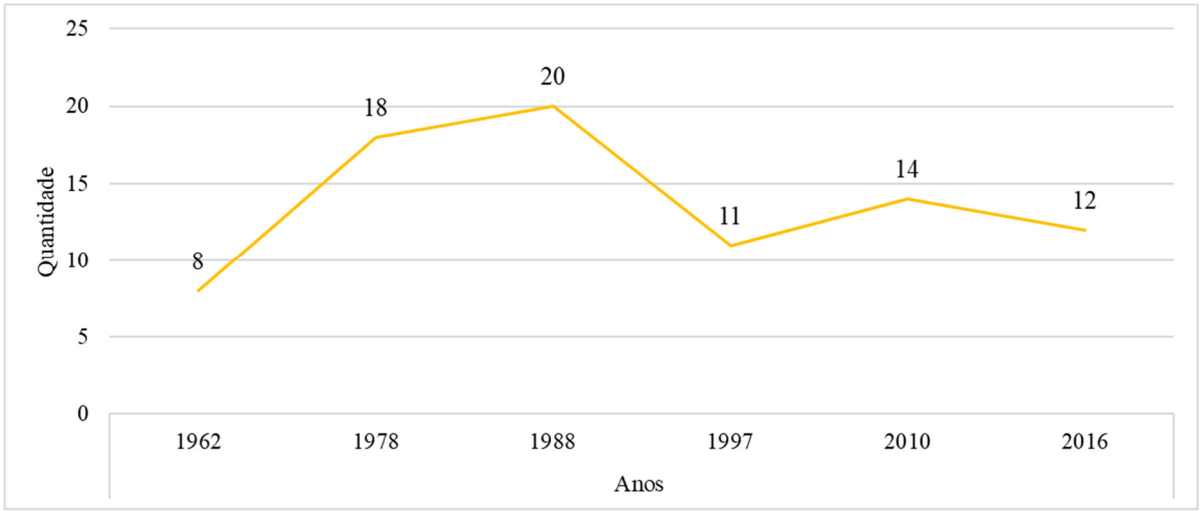


Gráfico 5 – Terraços agrícolas mapeados entre 1962 e 2016. Fonte: cartas geomorfológicas. Elaborado e organizado pela autora.

O uso da terra e a declividade geraram processos erosivos (marcas de erosão difusa, sulcos erosivos e ravinas), mesmo com o emprego de técnicas conservacionistas, que é o caso da cultura canavieira e da citricultura. Nos cenários mais antigos, 1962 e 1978, tanto as marcas

de erosão difusa quanto os sulcos erosivos também ocorriam sob o pasto sujo, o pasto limpo, a silvicultura (estágio inicial), a cultura anual, a cultura canavieira e a citricultura em toda a extensão da área de estudo. Nos anos de 1988, 1997, 2010 e 2016, as feições erosivas se desenvolveram no cultivo de cana-de-açúcar, cultura anual e pasto limpo e sujo (Figuras 24, 25, 26 e 27). No período de 1988, houve a identificação de sulcos erosivos no cultivo de *citrus* (Figura 24). Além do uso da terra, esses processos erosivos se desencadearam em materiais derivados da formação Tatuí, Irati, Piraçununga e Basalto (com resistência variada, RODARTE, 2015) e em terrenos com declividade variada.

Entretanto, as feições erosivas também foram mapeadas no meio urbano, indicando os estágios do processo de urbanização na visão de Savini (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 *apud* NIR, 1983). O avanço das áreas edificadas, parcialmente edificadas e não edificadas, assim como outros usos urbanos, ocorreram de forma diferenciada ao longo do período, evidenciando os estágios do processo de urbanização. Dessa forma, os diferentes usos do meio urbano criaram assinaturas topográficas antrópicas (TAROLLI e SOFIA, 2016) ou feições antropogênicas (Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27), as quais foram identificadas, principalmente, a partir do ano de 1978.

Em **1962,** registraram-se morfologias antropogênicas (Figura 22) de pouca extensão, ou seja, é uma "morfologia original" com características mais próximas do natural, conforme aponta teoricamente Rodrigues (2005). Tal fato é apresentado na tabela 9 com pequena extensão de cortes, aterros e rupturas topográficas antrópicas.

Portanto, conclui-se que, em 1962, a área de estudo possuía mais características de um ambiente rural do que urbano (Gráficos 4 e 6; Tabela 9). As rupturas topográficas abruptas e suaves mapeadas próximas às nascentes e aos cursos fluviais eram mais naturais, evidenciando as diferenças litológicas existentes na área. Contudo, as marcas de erosão difusa (23 unidades; 1,30 km de extensão) e os sulcos erosivos (173 unidades; 14,58 km de extensão) se desenvolveram nos quatro tipos de materiais inconsolidados identificados na área de estudo (Figura 28 e Quadro 7). Tanto as marcas de erosão difusa quanto os sulcos erosivos se desenvolveram nos materiais derivados da Formação Irati, Tatuí, Piraçununga e Basalto (Gráfico 7), as quais possuem baixa a alta permeabilidade, e resistência alta a baixa erosão (RODARTE, 2015).

O desencadeamento desses processos erosivos em materiais com boa resistência relaciona-se com a combinação de vários fatores, com destaque para a declividade (Gráfico 8), o uso da terra (Tabela 10) e a pouca utilização de técnicas conservacionistas. Contata-se que nesse período não havia, como hoje, o emprego de técnicas conservacionistas (Gráfico 5 e

Tabela 9), cuja finalidade é a de conter os processos erosivos ao longo das vertentes, evitando perda de solos, principalmente da camada mais fértil.

Grupos	Cálculo das feições geomorfológicas						
	Feições	Anos					
	(calculadas por comprimento km, por unidade)	1962	1978	1988	1997	2010	2016
Formas de vertentes e interflúvios	Marcas de erosão difusa (números; extensão em Km)	23; 1,307 Km	55; 3,160 Km	18; 1,158 Km	24; 1,131 Km	19; 1,086 Km	20; 1,242 Km
	Sulco erosivo (números; extensão em Km)	173; 14,582 Km	174; 13,250 Km	95; 7,562 Km	97; 6,138 Km	72; 5,564 Km	102; 5,627 Km
	Ravina (números)	0	5	2	5	3	5
	Voçoroca (números; extensão em Km)	-	-	-	-	1; 1,878 Km	1; 2,138 Km
Ação das águas correntes	Canal fluvial (extensão em Km)	10,303 Km	10,358 Km	10,252 Km	10,173 Km	10,004 Km	10,204 Km
	Canal pluvial (extensão em Km)	4,476 Km	5,250 Km	4,226 Km	3,520 Km	3,726 Km	3,556 Km
	Fundo de vale encaixado (V) (extensão em Km)	3,065 Km	2,907 Km	3,137 Km	3,789 Km	2,997 Km	3,292 Km
	Fundo de vale plano (]) (extensão em Km)	7,091 Km	7,451 Km	5,857 Km	5,054 Km	4,138 Km	2,140 Km
	Ruptura topográfica suave (extensão em Km)	***12,219 Km***	***13,492 Km***	***8,804 Km***	***5,991 Km***	***5,102 Km***	***3,260 Km***
	Ruptura topográfica abrupta (extensão em Km)	***6,340 Km***	***5,079 Km***	***4,645 Km***	***3,320 Km***	***0,552 Km***	***0,857 Km***
	Lagos (em Km²)	0,005 Km²	0,004 Km²	0,003 Km²	0,005 Km²	0,021 Km	0,017 Km
Modelado Antrópico	***Aterro (extensão em Km)***	***1,973 Km***	***1,730 Km***	***3,070 Km***	***3,999 Km***	***5,116 Km***	***5,150 Km***
	Corte (extensão em Km)	***2,325 Km***	***4,373 Km***	***3,572 Km***	***3,758 Km***	***4,958 Km***	***7,103 Km***
	Ruptura topográfica antrópica (extensão em Km)	***0,941 Km***	***2,301 Km***	***6,129 Km***	***6,343 Km***	***7,737 Km***	***11,561 Km***
	Terraço Agrícola (números)	8	18	20	11	14	12
	Cursos canalizados (extensão em Km)	***-***	***-***	***1,258 Km***	***1,330 Km***	***2,830 Km***	***4,732 Km***
	Cursos retilinizados (extensão em Km)	-	-	-	-	0,039 Km	0,040 Km
	Saídas de drenagem dos cursos fluviais (números)	-	-	-	-	2	2
	Canal artificial para escoamento das águas pluviais (extensão em Km)	***-***	***-***	***-***	***0,078 Km***	***4,707 Km***	***5,174 Km***
	Bacias de contenção (números)	***-***	***-***	***-***	***-***	***4***	***9***
	Reservatório de retenção - "piscinão" (extensão em Km; área em km²)	***-***	***-***	***-***	***-***	***-***	***1,541 Km; 0,042 Km²***

Tabela 9 – Feições geomorfológicas identificadas na área por extensão (Km), área (Km²) e unidades nos anos estudados. Fonte: cartas geomorfológicas de 1962 a 2016. Elaborado e organizado pela autora.

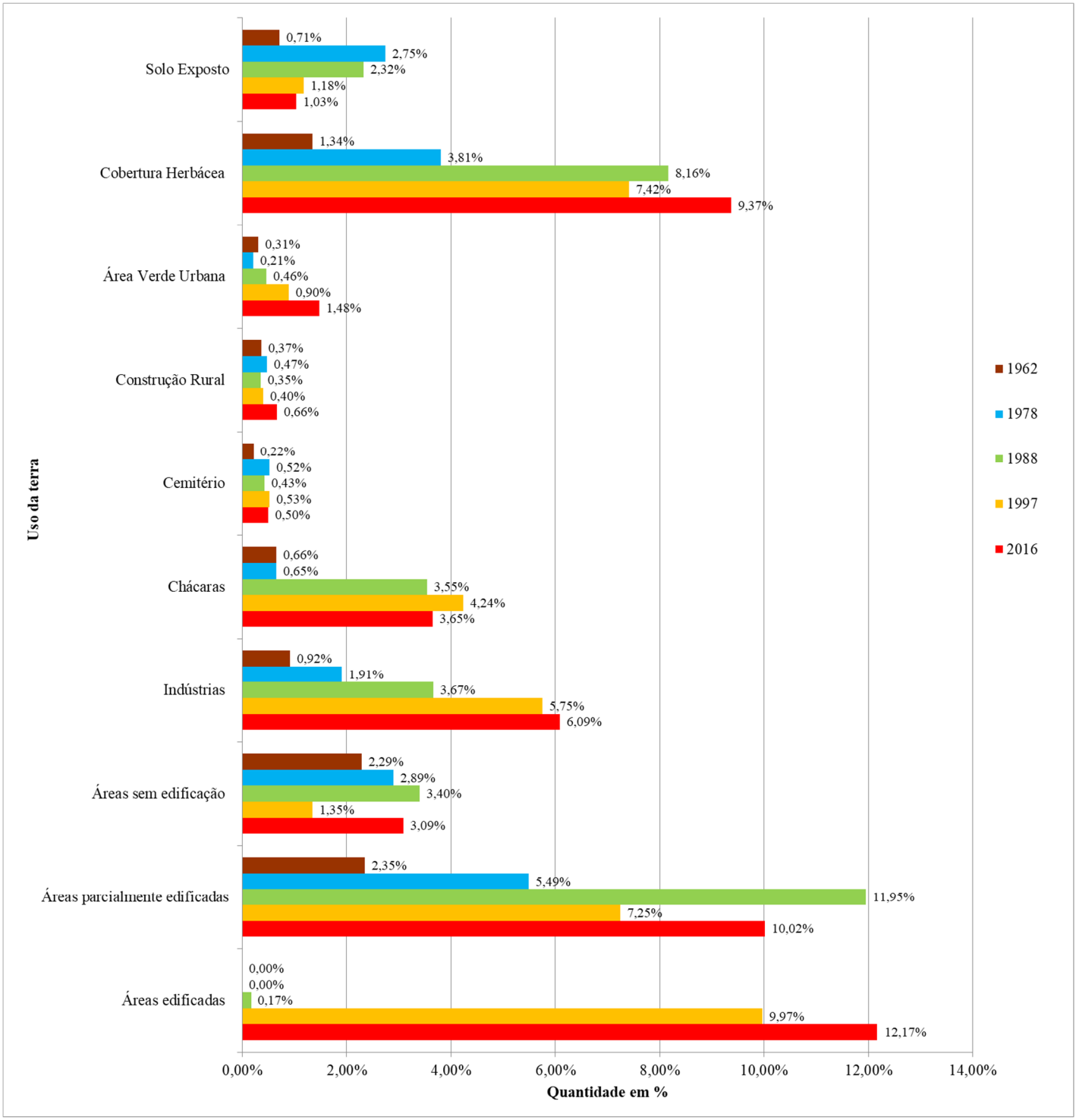


Gráfico 6 - Evolução do uso da terra no meio urbano. Fonte: cartas de uso e ocupação da terra de 1962 a 2016. Elaborado e organizado pela autora.

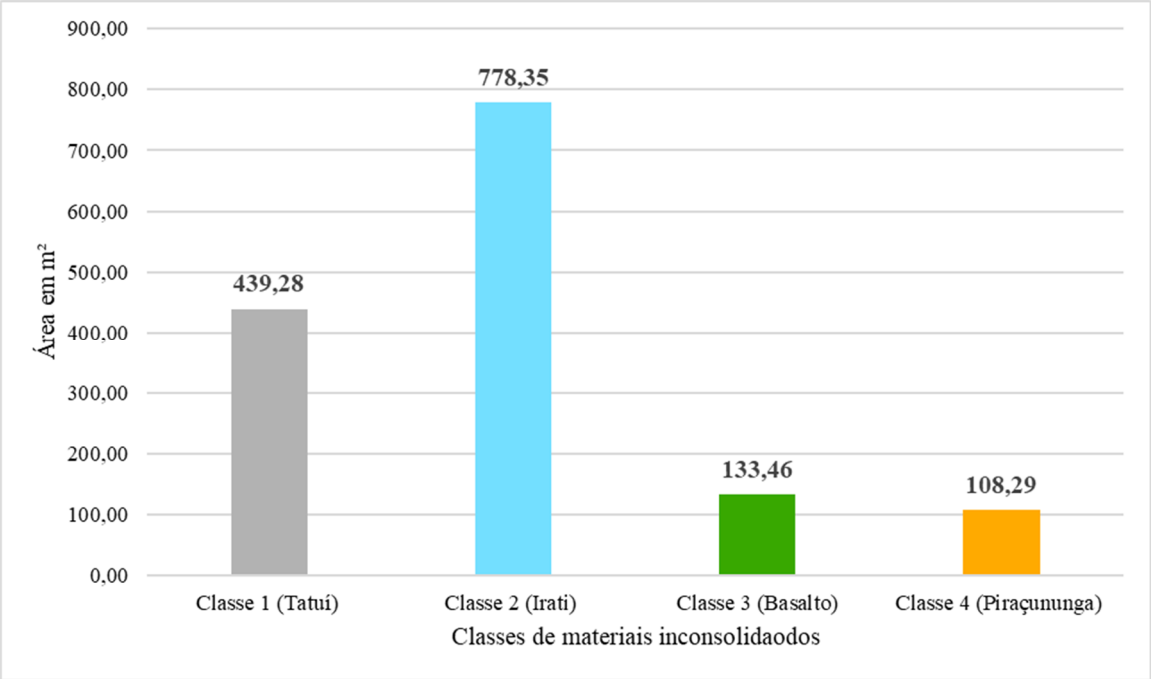


Gráfico 7 – Área ocupada pelos sulcos erosivos em cada classe de material inconsolidado, 1962. Fonte: carta geomorfológica 1962 e de material inconsolidado. Elaborado e organizado pela autora.

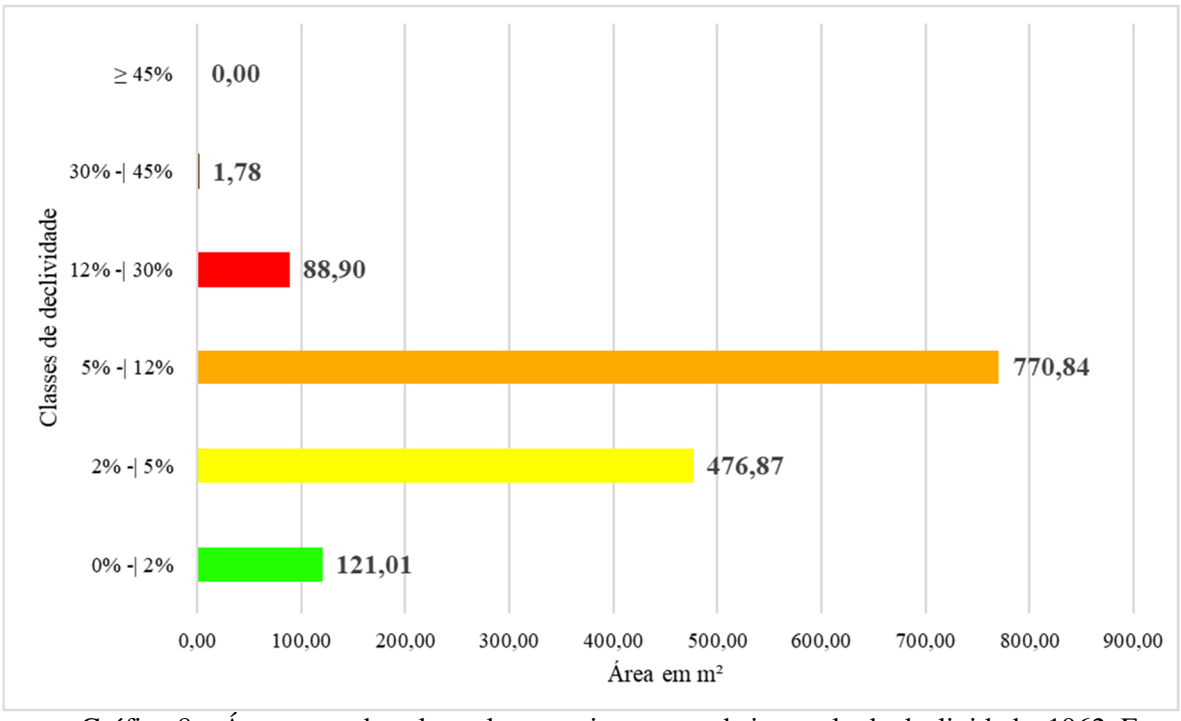


Gráfico 8 – Área ocupada pelos sulcos erosivos em cada intervalo de declividade, 1962. Fonte: carta geomorfológica 1962 e de declividade. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de uso da terra	Ano 1962
	Sulco erosivo
	Área (m²)
Quadra edificada	0,00
Quadra parcialmente edificada	1,37
Quadra sem edificação	24,51
Indústrias	0,00
Chácaras	0,00
Cemitério	0,00
Construção rural	0,00
Área verde pública	0,00
Cobertura herbácea	13,48
Solo exposto	0,00
Cana-de-açúcar	356,93
Cultura anual	39,50
Cultura permanente	0,00
Citricultura	91,09
Silvicultura	93,72
Pasto limpo	604,87
Pasto sujo	203,15
Mata	3,40
Vegetação de área úmida	19,70

Tabela 10 – Área ocupada pelos sulcos erosivos em cada classe de uso da terra no ano de 1962. Fonte: carta geomorfológica e de uso da terra - 1962. Elaborado e organizado pela autora.

É interessante destacar que os sulcos erosivos se desencadearam em todos os intervalos de fragilidade física (Gráfico 9), mas, principalmente nas classes muito forte, forte e fraca. Tais classes coincidem com os intervalos de declividade 5% |- 12%, 12% |-30% e 2% |-5%, basicamente, em setores de média e baixa vertente e alguns setores de alta vertente; sendo que nesses intervalos, se encontravam, principalmente, os usos da terra pasto limpo, pasto sujo, cana-de-açúcar e citricultura e silvicultura (Tabela 10). Os materiais derivados das Formações Tatuí, Irati e derrames de Basalto não conseguiram resistir aos processos erosivos devido à combinação uso da terra x declividade.

Ainda, no cenário de 1962, os cursos fluviais totalizavam 10,07 km de extensão, sendo 3,06 km de fundo de vale encaixado e 7,01 km de fundo de vale plano, tendo uma dinâmica deposicional desenvolvida, mas com resquícios de alterações antrópicas, no Córrego do Facão, através da criação de um represamento (Figura 22).

Em **1978**, é possível visualizar vários estágios do processo de urbanização e as feições antropogênicas oriundas do mesmo. Os bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge encontravam-se no período de construção (casas, bueiros, pavimentação). Enquanto o Jardim dos Ypês e Jardim Universitário estavam no período suburbano ou de urbanização inicial, havendo a retirada de vegetação para estabelecer as quadras urbanas, o que provocou o

surgimento de vários sulcos erosivos e marcas de erosão difusa, além do aparecimento de uma ruptura topográfica antrópica (Figura 32). No Jardim Universitário, os materiais derivados da Formação Piraçununga, que possui fração arenosa (areia fina) e alta permeabilidade (Quadro 7), favoreceram o desencadeamento dos processos erosivos, mesmo em terrenos com intervalos de declividade entre 2% |- 5% e 5% |- 12% (Figuras 21 e 28), em função do processo de urbanização.

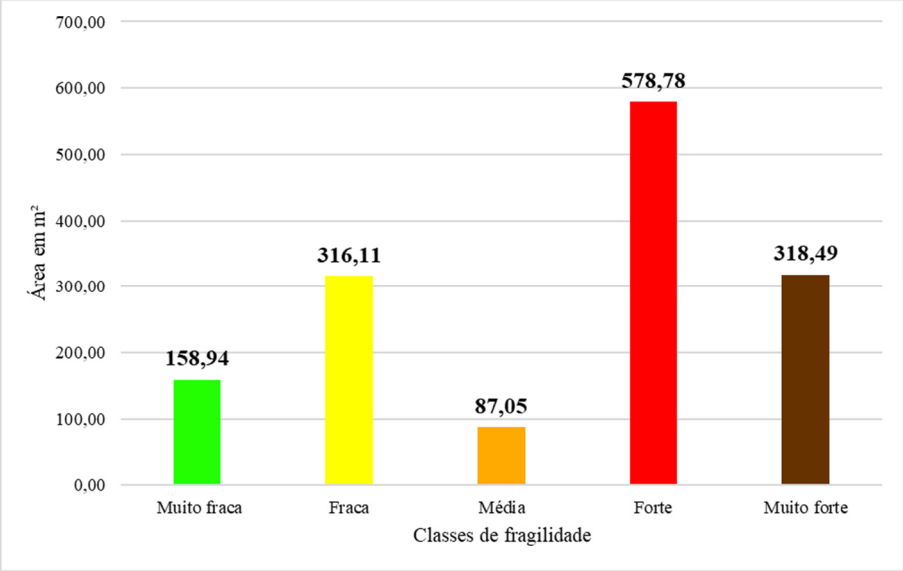


Gráfico 9 – Área dos sulcos erosivos em cada intervalo de fragilidade física, 1962. Fonte: carta geomorfológica 1962 e de fragilidade física do meio. Elaborado e organizado pela autora.

O trecho final dos arruamentos em declive, próximo ao uso pasto limpo, também colaborou no desenvolvimento de ravinas e sulcos erosivos, os quais foram mapeados nas vizinhas aos bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge, pois potencializam a velocidade das águas pluviais (Figura 33). Salienta-se que essas feições erosivas surgiram em materiais da Formação Tatuí, a qual apresenta permeabilidade baixa e fração areia fina e argila (Quadro 7) e ocorre em terrenos com declividade entre 2% |- 5% e 5% |- 12% (baixa vertente). Todos esses fatores considerados e analisados de forma conjunta apresentaram uma dupla fragilidade física: muito forte e forte (Figura 30).

O avanço das áreas parcialmente edificadas e sem edificação (Gráfico 6) aumentaram as rupturas topográficas antrópicas (1,98 km) em relação a 1962 (0,94 km) nos bairros Jardim Marabá, Jardim Belvedere e Parque Industrial (Figura 33). Os cortes e aterros (técnicas de terraplenagem) atrelavam-se à construção das rodovias Anhanguera (SP-330/BR-050) e Wilson Finardi (SP-191) em 1978. Havia um aterro vinculado à construção de um galpão industrial próximo da Rodovia Anhanguera e de um pequeno curso fluvial (Figura 33). Toda essa força antrópica empregada foi capaz de alterar a forma da vertente e sua evolução principalmente no

Jardim Marabá e Parque Industrial, ocasionando o aparecimento de vertentes côncavas antrópicas (Figuras 33 e 23).

Na área rural, no ano de 1978, as rupturas topográficas suaves e abruptas se localizavam próximas às nascentes e aos cursos d'água, apresentando situação similar ao cenário de 1962. Já as feições erosivas estavam assentadas nos materiais derivados das Formações Tatuí, Irati e derrames de Basalto, que apresentam, de uma forma geral, permeabilidade alta a baixa (Quadro 7) e resistência mediana ao desencadeamento dos processos erosivos (RODARTE, 2015). Entretanto, o surgimento dessas feições erosivas aconteceu em função do uso da terra e da inclinação do terreno. Mesmo com o emprego e o aumento dos terraços agrícolas (10 – Gráfico 5) nos cultivos de cana-de-açúcar e de *citrus*, os sulcos erosivos e as ravinas conseguiram se desenvolver (Figura 23), demonstrando a má execução desta técnica. Tanto no uso pasto limpo quanto no pasto sujo registraram-se marcas de erosão difusa, sulcos erosivos e ravinas. Todos esses processos erosivos ocorreram nos diferentes usos da terra,desenvolvendo-se em terrenos com declividades variadas 2% |- 5%, 5% |- 12% e 12% |-30%.

As feições erosivas mapeadas em 1978 nas áreas urbana e rural do cenário de estudo indicam a fragilidade física (Tabela 11). Os processos erosivos foram identificados em todos os intervalos de declividade (Tabela 12), especialmente em 2% |- 5% e 5% |-12%, nos setores de alta, média e baixa vertente. Além da inclinação dos terrenos, o fator uso da terra também teve grande influência no surgimento dos mesmos. Os sulcos erosivos e as ravinas assinaladas ocorreram sobretudo nas seguintes classes (Tabela 13): área sem edificação (esta classe mostra o avanço da urbanização), pasto limpo, pasto sujo, citricultura, cana-de-açúcar e solo exposto. A combinação declividade e uso da terra foi capaz de provocar processos erosivos nos materiais derivados das Formações Tatuí (permeabilidade muito baixa – baixa, resistência média – alta), Irati (permeabilidade baixa – média; resistência média), Basalto (permeabilidade alta; resistência alta) e Piraçununga (permeabilidade alta; resistência baixa) (RODARTE, 2015).

Classes de fragilidade física	**Área (m²) total das classes de fragilidade**	**Área (m²)**	
		Sulco Erosivo	**Ravina**
Muito fraca	820878,99	199,59	0,00
Fraca	2164030,40	282,87	50,28
Média	527558,71	96,84	14,88
Forte	4322264,02	487,37	1316,27
Muito forte	1885531,68	259,30	747,85

Tabela 11 – Área das feições erosivas em cada intervalo de fragilidade física,1978 Fonte: carta geomorfológica de 1978 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

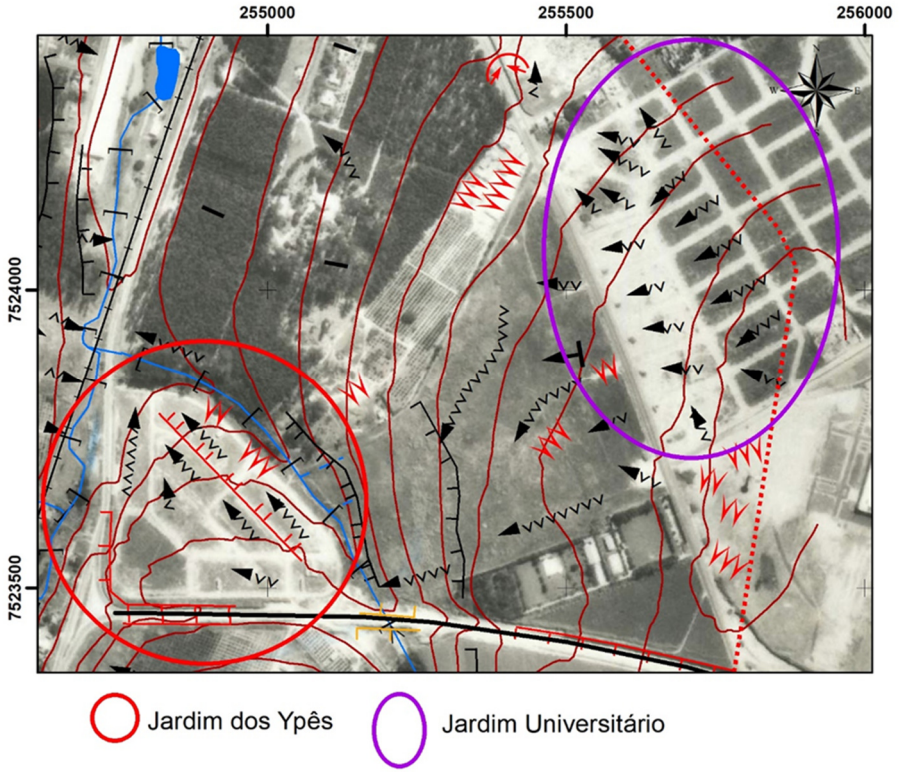


Figura 32 – Sulcos erosivos e marcas de erosão difusa período suburbano na área de estudo. Fonte: carta geomorfológica 1978. Organizado e elaborado pela autora

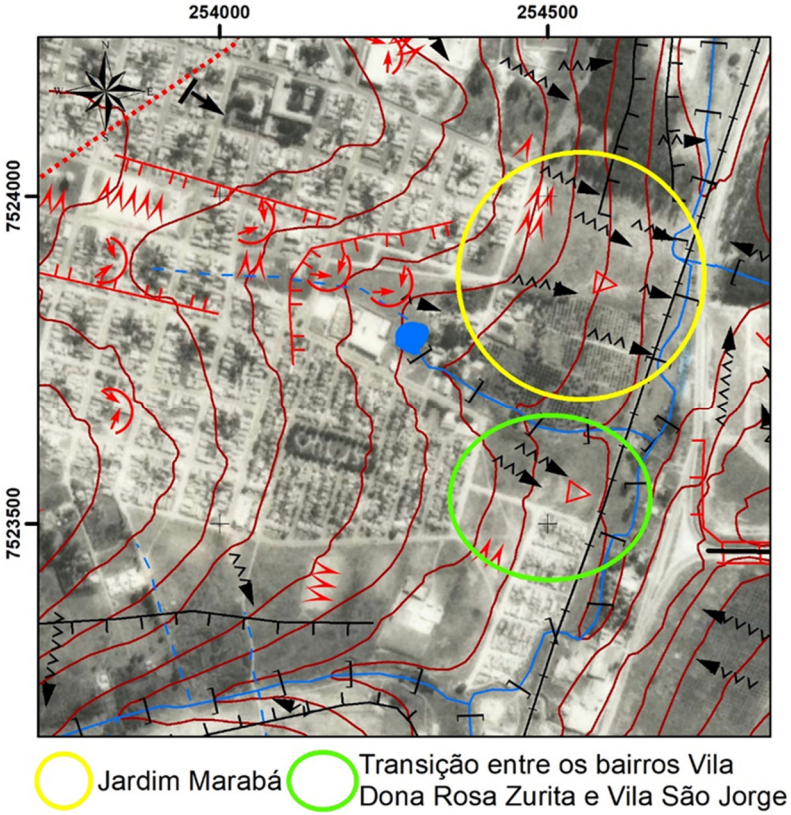
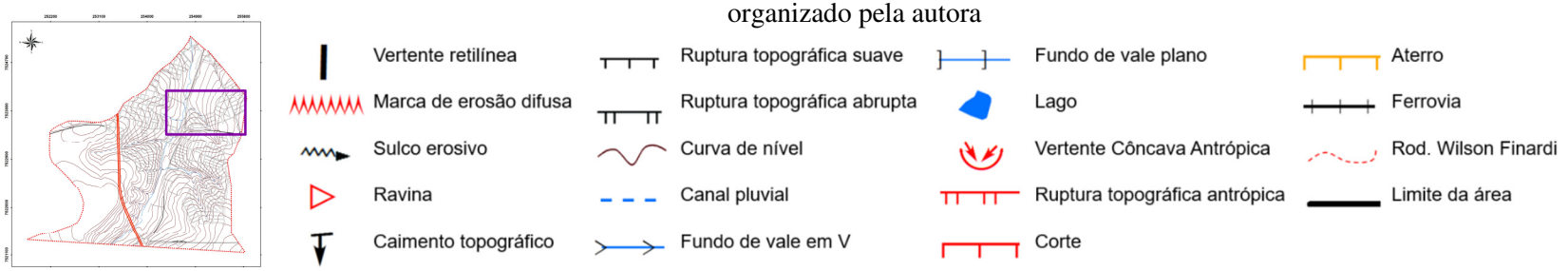


Figura 33– Ravinas no Jardim Marabá e Vila Dona Rosa e Vila São Jorge (transição). Fonte: carta geomorfológica 1978. Elaborado e organizado pela autora



Classes de declividade	Área (m²) total das classes de declividade	Área (m²)	
		Sulco Erosivo	Ravina
0% |- 2%	1095762,10	124,73	59,10
2% |- 5%	3548163,85	450,22	390,64
5% |- 12%	4260486,05	632,64	1448,10
12% |- 30%	790179,58	117,89	231,44
30% |- 45%	29780,23	0,68	0,00
≥ 45%	6171,25	0,00	0,00

Tabela 12 - Área das feições erosivas em cada intervalo de declividade, 1978. Fonte: carta geomorfológica de 1978 e de declividade. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de uso da terra (m²)	Ano 1978		
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo Área (m²)	Ravina Área (m²)
Área edificada	0,00	0,00	0,00
Área parcialmente edificada	537696,64	0,00	0,00
Área sem edificação	281690,03	142,12	0,00
Indústrias	185673,73	25,23	0,00
Chácaras	63418,06	0,00	0,00
Cemitério	50582,78	4,09	0,00
Construção rural	45970,96	2,55	0,00
Área verde pública	20756,56	0,00	0,00
Cobertura herbácea	372376,73	15,61	0,00
Solo exposto	267293,42	33,52	301,08
Cana-de-açúcar	2487653,70	366,59	0,00
Cultura anual	64929,44	2,62	0,00
Cultura permanente	13573,13	5,08	0,00
Citricultura	1209540,92	158,57	503,23
Silvicultura	526401,25	17,82	0,00
Pasto limpo	2247601,64	478,00	1324,98
Pasto sujo	466299,90	47,24	0,00
Mata	351712,73	0,00	0,00
Vegetação de área úmida	138082,02	26,24	0,00

Tabela 13 - Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra, 1978. Fonte: carta geomorfológica e de uso da terra 1978. Elaborado e organizado pela autora.

O **cenário de 1988** teve grande evolução no processo de urbanização através do aumento das áreas edificadas, parcialmente edificadas e não edificadas (Figura 24), quando comparado com o período de 1978 (Gráfico 6). Observou-se o aumento de 0,016 km² de áreas edificadas, 0,628 km² de áreas parcialmente edificadas e 0,050 km² de áreas não edificadas aumentaram, em relação ao período de 1978. Esse avanço da urbanização repercutiu na diminuição do pasto limpo, pasto sujo, citricultura e construção rural, no período de 1978 a 1988 (Figura 24 e Gráfico 4). Assim, os bairros Narciso Gomes, Jardim Copacabana e Bosque

de Versalles apresentavam as áreas parcialmente edificadas, revelando o período de construção, tendo em vista que havia casas que estavam sendo construídas e essa intervenção criou rupturas topográficas antrópicas (Figura 34).

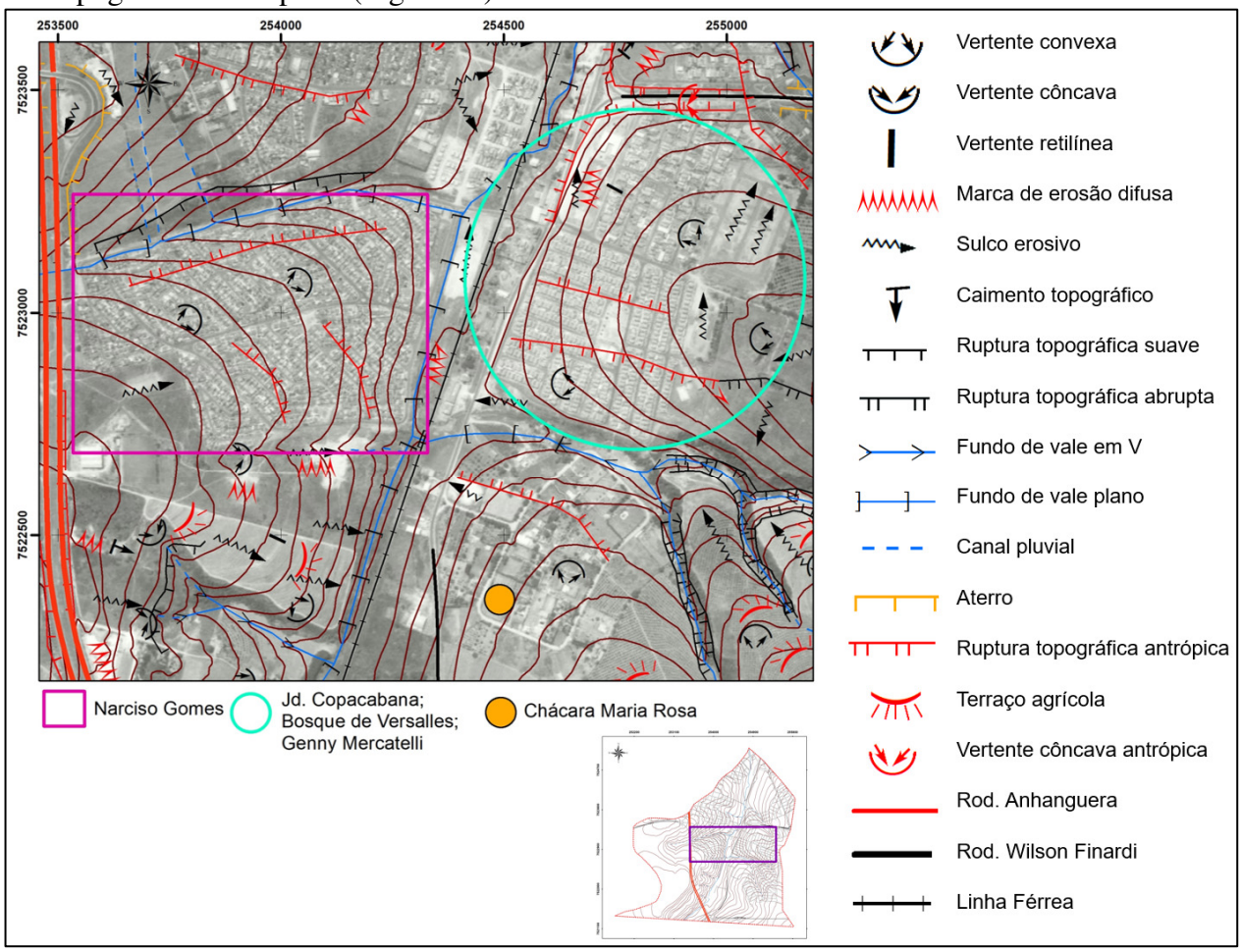


Figura 34 - Período de construção nos bairros Jardim Copacabana, Bosque de Versalles e Narciso Gomes. Fonte: carta geomorfológica 1988. Elaborado e organizado pela autora.

Nesse período, houve o surgimento da chácara Maria Rosa, que acarretou o surgimento de uma ruptura topográfica antrópica (Figura 24). Em 1962 e 1978, esse setor tinha o uso da terra voltado para a citricultura. Ressalta-se que o uso chácaras também aumentou em 1988 (Gráfico 6).

Entretanto, nos bairros Genny Mercatelli e Jardim 8 de Abril, registraram-se áreas não edificadas, ou seja, áreas que se encontravam no período suburbano, assim como indícios do processo de construção tais como a organização das quadras urbanas, a construção do sistema de drenagem de águas pluviais e a pavimentação das ruas. Nesses dois bairros, foram identificados sulcos erosivos e marcas de erosão difusa, em função desse processo de urbanização, do solo exposto e da vegetação rarefeita, principalmente com gramíneas (Figura 35). Ressalta-se que o processo erosivo do bairro Geny Mercatelli estava situado em intervalos

de declividade de 2% |- 5% e 5% |- 12% e em materiais da Formação Tatuí (permeabilidade muito baixa – baixa; resistência média – alta), sendo que o processo de urbanização foi o fator principal para o seu surgimento.

Nota-se pela figura 35 que os bairros Jardim Universitário e Jardim dos Ypês já se encontravam no período de construção, ou seja, passando pelo estabelecimento de casas, sistema de águas pluviais e pavimentação. Nesse estágio de construção, ainda se tem o desenvolvimento de sulcos erosivos e marcas de erosão difusa devido ao uso da terra (terrenos com solo exposto ou com cobertura herbácea).

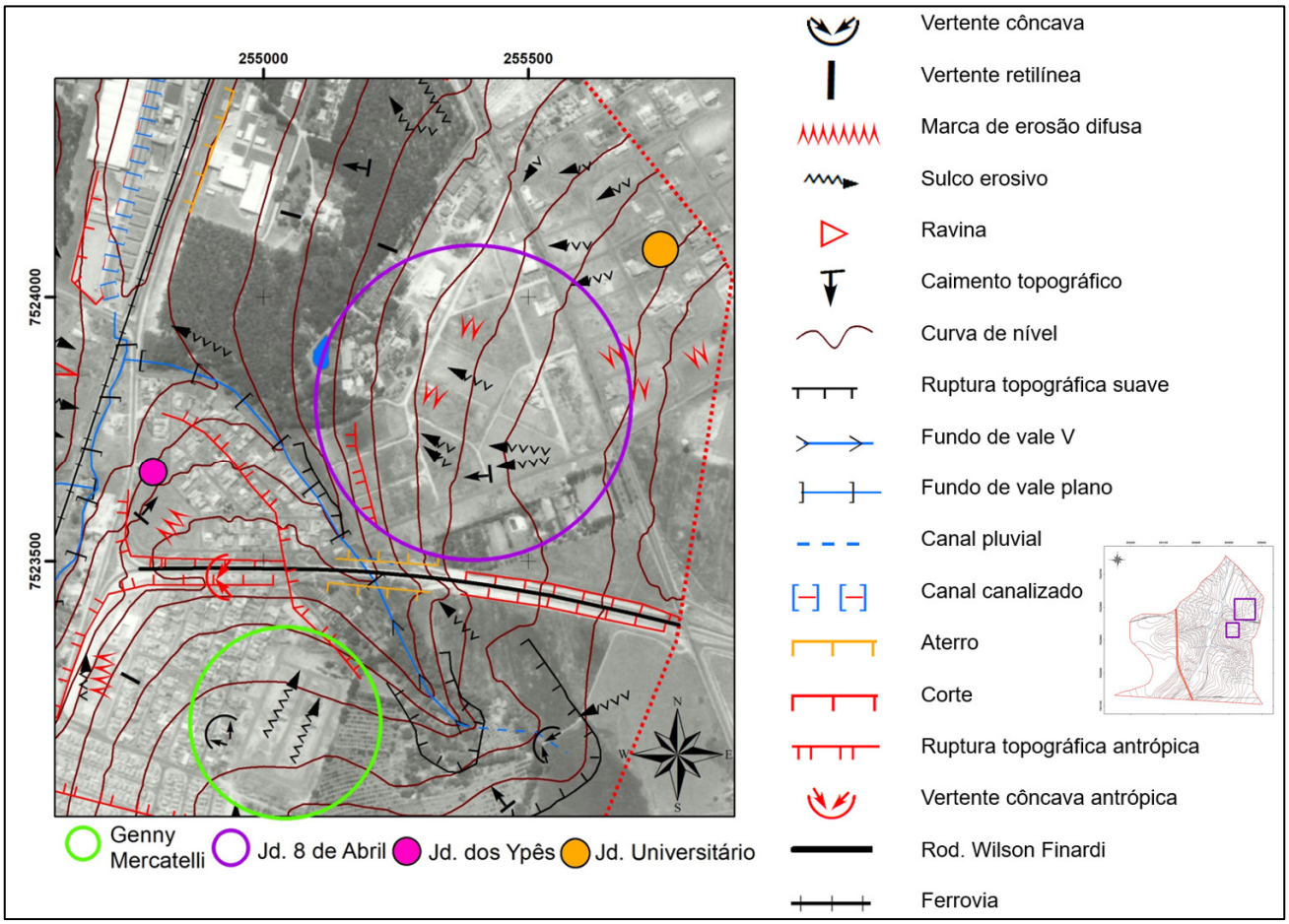


Figura 35 – Período suburbano e de construção em alguns bairros da área de estudo. Fonte: carta geomorfológica 1988. Organizado e elaborado pela autora.

As feições erosivas mapeadas diminuíram, em relação ao cenário anterior (Tabela 2). Contudo, os sulcos erosivos e uma ravina grande continuaram a se desenvolver nos mesmos bairros citados, em 1978. No Jardim Marabá, houve o desenvolvimento de uma grande ravina e de sulcos erosivos (Figura 36) devido ao trecho final do arruamento impermeabilizado em declive próximo ao uso pasto limpo, o qual acelera a velocidade das águas pluviais. Nos bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge, os sulcos erosivos continuaram a surgir, pelas mesmas

características detectadas em 1978 e 1988, no trecho final dos arruamentos. Convém, destacar que o arruamento desses bairros em 1978 não era asfaltado (Figura 33).

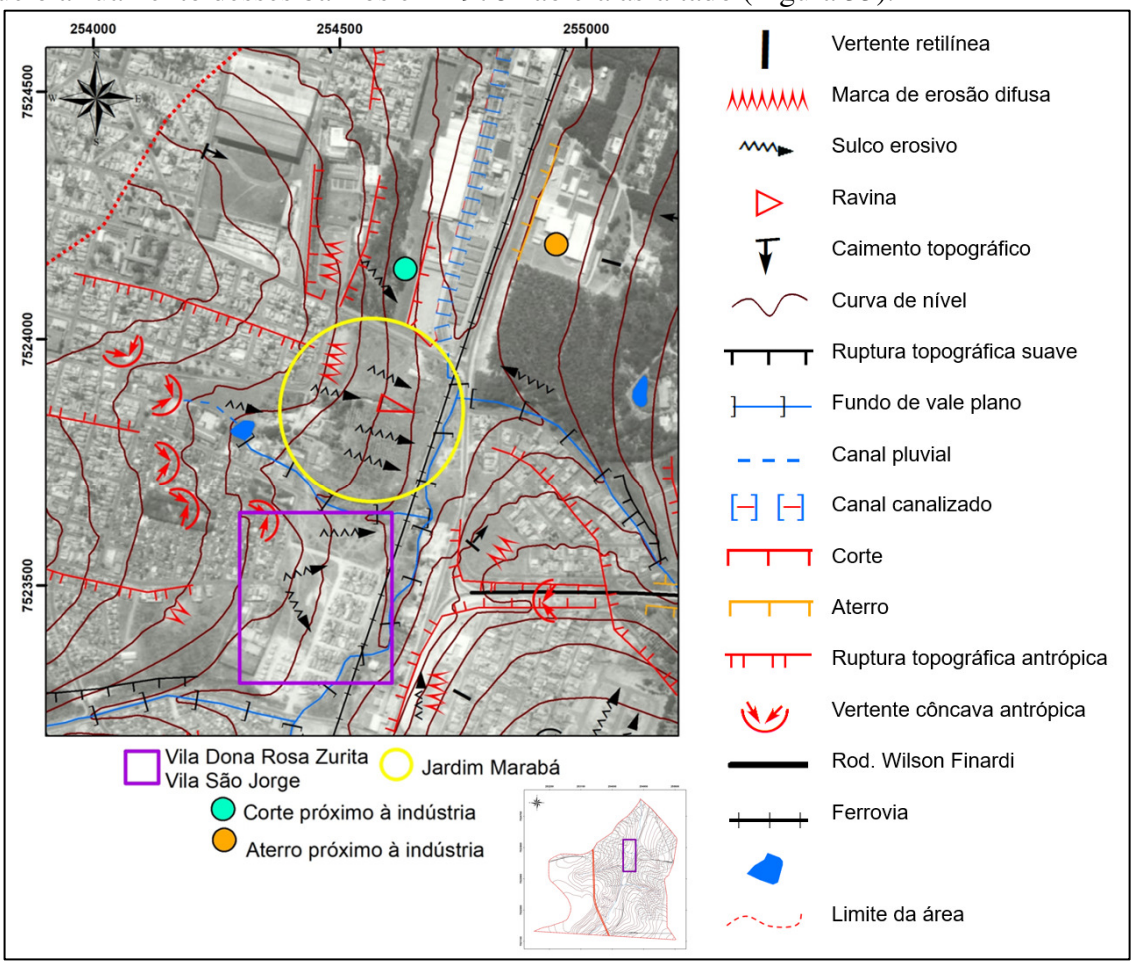


Figura 36 – Sulcos erosivos nos bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge e ravina grande no Jardim Marabá. Fonte: carta geomorfológica de 1988. Elaborado e organizado pela autora.

O avanço do processo de urbanização (Gráfico 6) fez acrescer as feições antrópicas de aterros, de rupturas topográficas antrópicas e de canalização do curso principal, que será melhor analisada adiante (Tabela 2). As rupturas topográficas antrópicas aumentaram devido à urbanização (Tabela 2; Figuras 22, 23 e 24). Os aterros e os cortes também estavam vinculados a obras de terraplenagem de indústrias (Figura 24).

Em relação à fragilidade física, a área ocupada pelos sulcos erosivos e pelas ravinas variou (Gráfico 10). Os processos erosivos surgiram nos quatros tipos de materiais inconsolidados mapeados (Formações Tatuí, Irati, Basalto e Piraçununga) os quais possuem, no geral, permeabilidade baixa a alta, com resistência à erosão alta a baixa (Gráfico 11). A declividade é um fator que ajuda no desencadeamento dos sulcos erosivos e das ravinas, ocorrências registradas em todos os intervalos, principalmente entre 5% |- 12% (Gráfico 12). Contudo, o uso da terra foi o principal agente que colaborou no desenvolvimento dos processos

erosivos. Logo, esses usos da terra são: cobertura herbácea, área sem edificação, pasto limpo, pasto sujo, citricultura, cana-de-açúcar, solo exposto e cultura anual (Tabela 14).

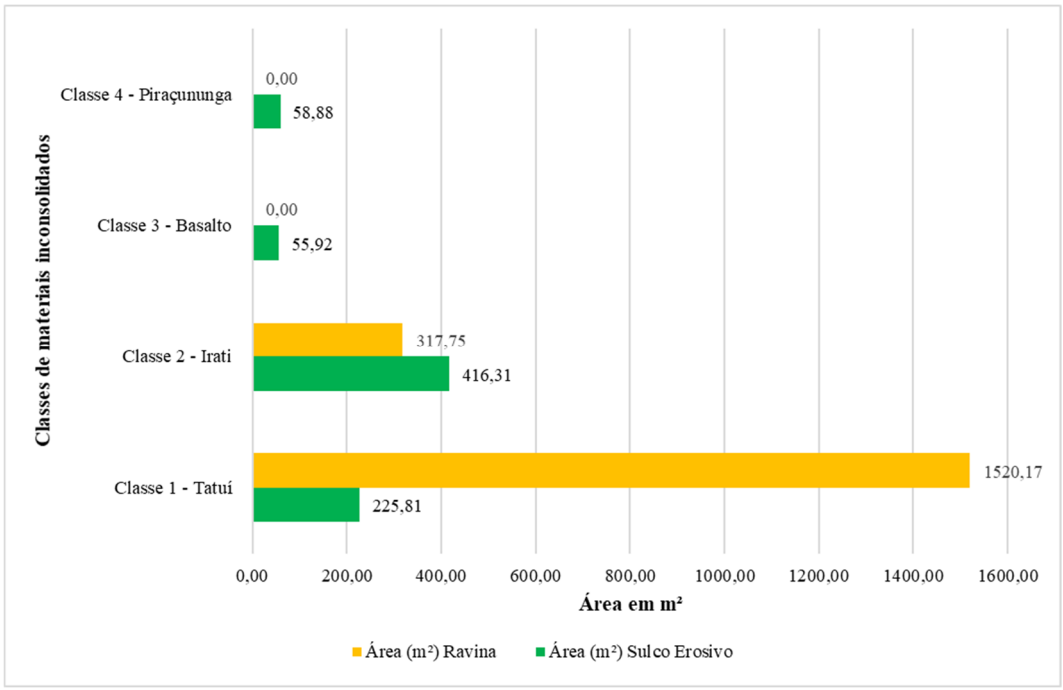


Gráfico 10 - Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de fragilidade física em 1988. Fonte: carta geomorfológica 1988 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

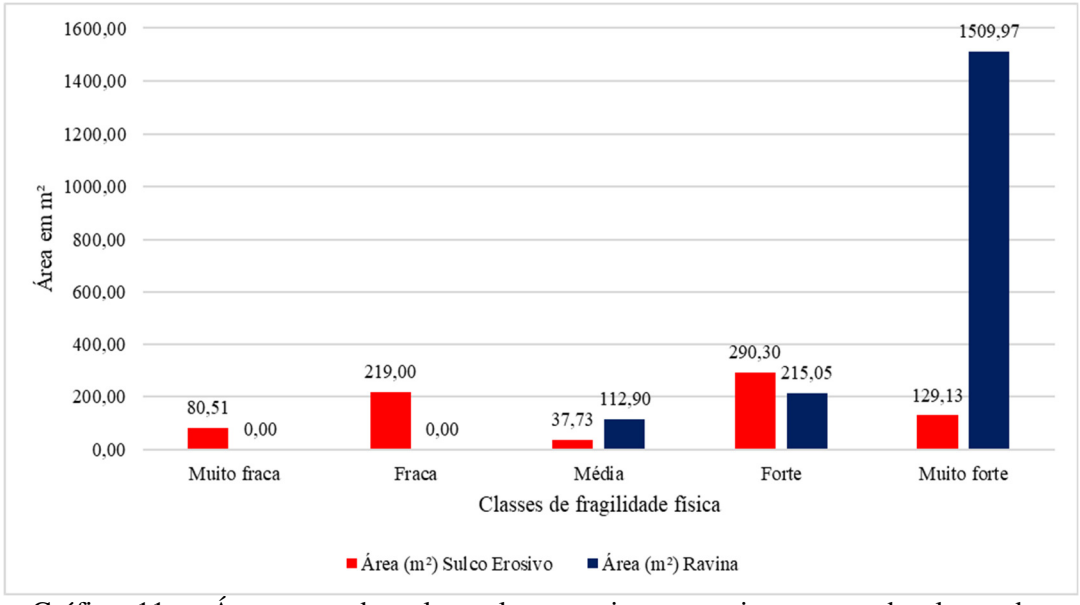


Gráfico 11 – Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de material inconsolidado em 1988. Fonte: carta geomorfológica 1988 e de material inconsolidado. Elaborado e organizado pela autora.

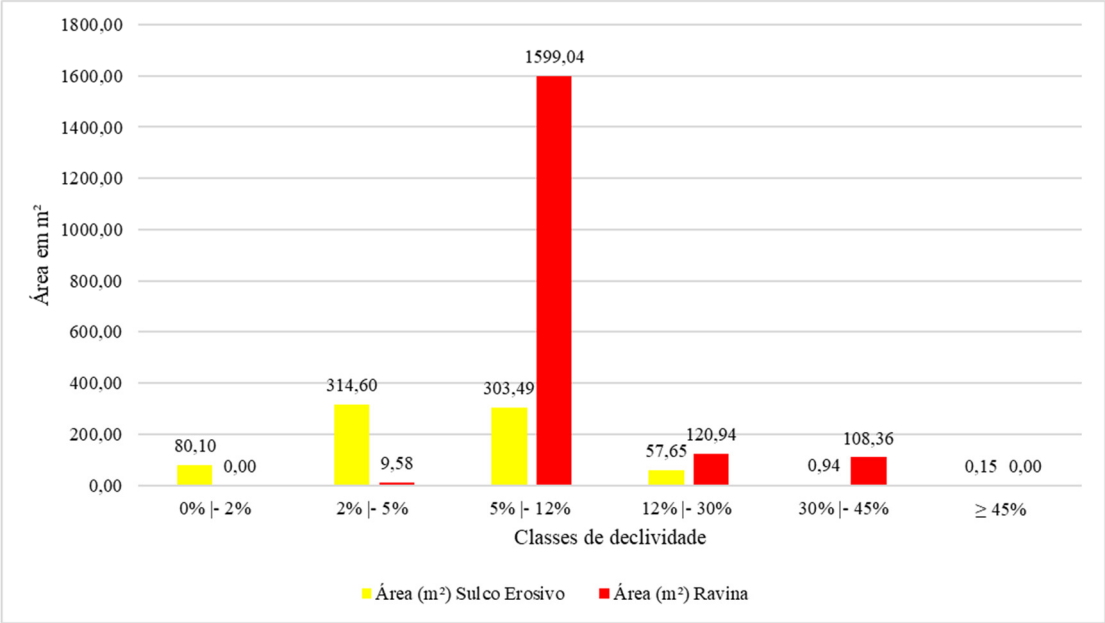


Gráfico 12 - Área ocupada pelos sulcos erosivos e ravinas em cada classe de declividade em 1988b. Fonte: carta geomorfológica 1988 e de declividade. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de uso da terra (m²)	**Ano 1988**		
	Área total de cada classes (m²)	**Sulco erosivo Área (m²)**	**Ravina Área (m²)**
Área edificada	16558,55	0,00	0,00
Área parcialmente edificada	1162787,49	0,00	0,00
Área sem edificação	331190,22	77,78	0,00
Indústrias	356307,90	0,00	0,00
Chácaras	345213,02	0,00	0,00
Cemitério	41749,41	0,00	0,00
Construção rural	34376,03	0,00	0,00
Área verde pública	44681,44	0,00	0,00
Cobertura herbácea	793929,00	34,22	0,00
Solo exposto	225854,94	48,89	0,00
Cana-de-açúcar	2892497,34	322,29	0,00
Cultura anual	94724,39	19,80	0,00
Cultura permanente	0,00	0,00	0,00
Citricultura	488042,06	0,00	585,40
Silvicultura	350898,45	37,06	0,00
Pasto limpo	1017524,74	79,18	745,28
Pasto sujo	528221,73	45,69	317,75
Mata	259913,20	0,00	189,49
Vegetação de área úmida	183272,59	20,13	0,00

Tabela 14 - Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra, 1988. Fonte: carta geomorfológica e de uso da terra 1988. Elaborado e organizado pela autora.

No **ano de 1997**, as áreas edificadas aumentaram na razão de 0,953 km² em relação ao período anterior e as áreas parcialmente edificadas e não edificadas decresceram, respectivamente, 0,46 km² e 0,20 km² (Gráfico 6), demonstrando que a área de estudo, no geral, já se adentrava ao terceiro estágio, o de urbanização consolidada.

Assim, os bairros Narciso Gomes, Bosque de Versalles, Jardim Bela Vista, Jardim Copacabana, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge e Jardim Marabá que estavam no período de construção tanto em 1978 quanto em 1988, encontravam-se no terceiro estágio (urbanização consolidada) no ano de 1997. O surgimento do bairro Jardim Bela Vista demonstra como o processo de urbanização foi rápido no intervalo de 1988 a 1997 (9 anos). No mapeamento de uso e ocupação da terra, detectou-se que a maioria das casas já estava construída, com exceção de apenas uma quadra, que, em 2010, servia como área de lazer (Figura 37).

Os bairros Parque Industrial e Jardim Belvedere apresentavam uma combinação de uso com áreas edificadas e parcialmente edificadas, no ano de 1997 e, também, em períodos anteriores. Enquanto, o primeiro bairro apresentava algumas áreas sem construção e com a presença de gramíneas e pequenas árvores, o segundo bairro é o mais antigo da área de estudo (Figuras 22 e 25), tendo lotes com dimensões grandes e, dessa forma, os moradores aproveitam para fazer jardins, hortas e plantar árvores frutíferas.

Nesse período, identificaram-se alguns bairros com uma combinação de áreas parcialmente edificadas e não edificadas, tais como: Jardim dos Ypês, Jardim 8 de Abril, Jardim Universitário e Genny Mercatelli. O primeiro bairro, Jardim dos Ypês, e o último, Genny Mercatelli, tinham alguns lotes sem construção (Figura 38) e foi detectado um corte para estabelecer uma área verde urbana no cenário seguinte. Tanto o Jardim 8 de Abril como o Jardim Universitário apresentavam poucos lotes construídos e vegetação (gramíneas e pequenas árvores). Também, registrou-se um bairro que se encontrava no período suburbano. Trata-se do Jardim Flamboyant, no qual foram detectados sulcos erosivos e marcas de erosão difusa, característicos desse estágio (Figura 25). Cabe salientar que tais feições erosivas aconteceram em terrenos com declividade de 2% |- 5% e 5% |- 12% e em usos da terra solo exposto e área sem edificação, além de estarem posicionadas no contato entre os materiais da Formação Tatuí e Piraçununga, as quais possuem permeabilidade e resistência à erosão distintas (Quadro 7; RODARTE, 2015). Logo, as causas para o surgimento dos processos erosivos em materiais com características diferentes resultaram de uma conjunção de fatores, a qual seja: o uso da terra (processo de urbanização) e a declividade.

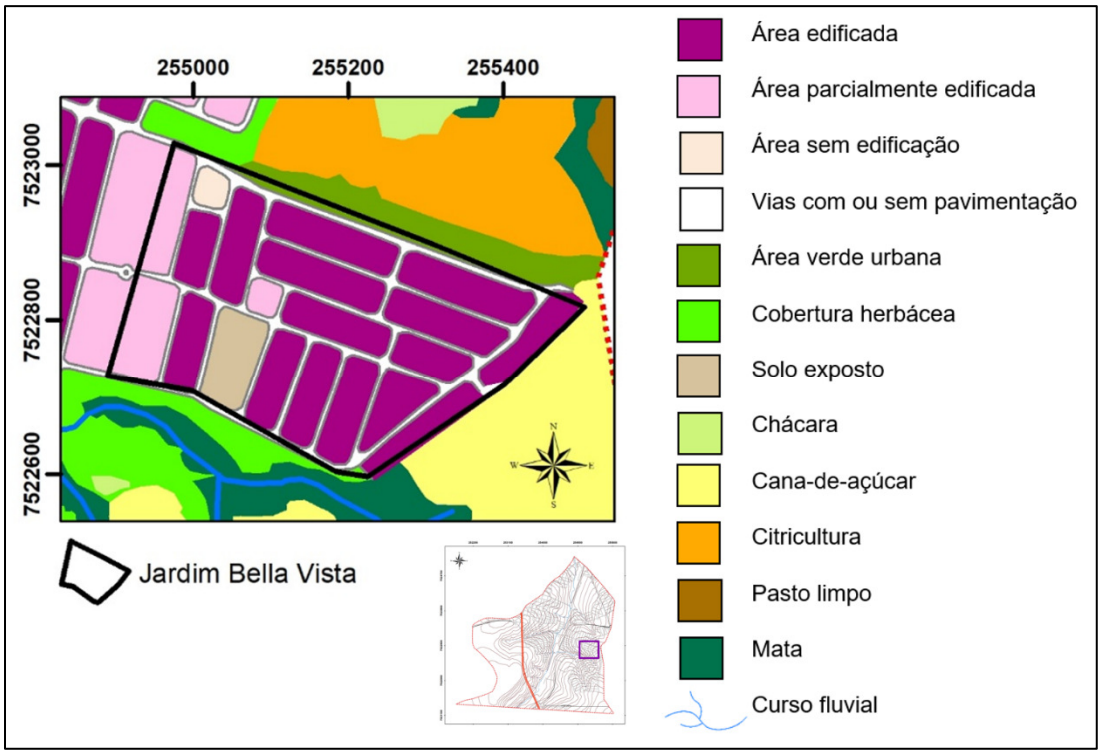


Figura 37 - Jardim Bela Vista com lotes edificados indicando o estágio de urbanização consolidado em 1997. Fonte: carta de uso da terra 1997.

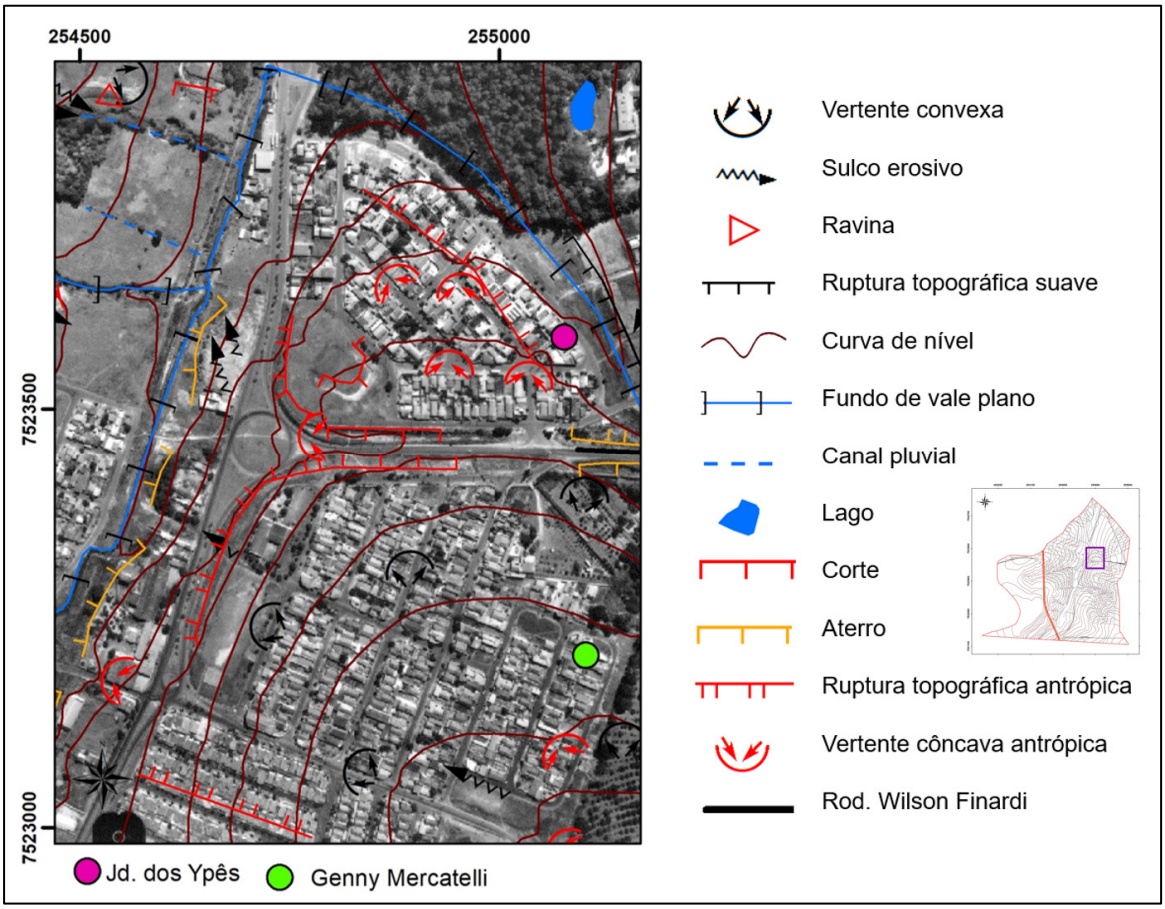


Figura 38 - Feições antrópicas no Jardim dos Ypês e Genny Mercatelli - 1997. Fonte: carta geomorfológica e de uso da terra, 1997.

Os processos erosivos continuaram se desenvolvendo no ano de 1997, pois fazem parte do processo natural de evolução do relevo. Todavia, a ação antrópica tem a capacidade de acelerar os mesmos, conforme já enfatizado. As feições erosivas, ainda, persistiram no Jardim Marabá assim como na Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge devido ao trecho final do arruamento impermeabilizado e em declive. No Jardim Marabá, a ravina grande detectada em 1988 foi mapeada como um canal pluvial, pois houve o estabelecimento e/ou a indução de vegetação para evitar a evolução dessa feição erosiva (Figura 39). Contudo, registrou-se uma ravina e sulcos erosivos em um uso da terra voltado para a pastagem (pasto limpo) nos bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge. Esses processos erosivos prosseguiram com as mesmas características do período anterior no bairro Jardim Marabá. Ainda nesse período, identificaram-se ravina, sulcos erosivos e marcas de erosão difusa. Duas ravinas foram detectadas próximo à rodovia Wilson Finardi (SP-191) em função do mau funcionamento do sistema de drenagem de águas pluviais. Enquanto, as demais estavam conectados ao uso agrícola.

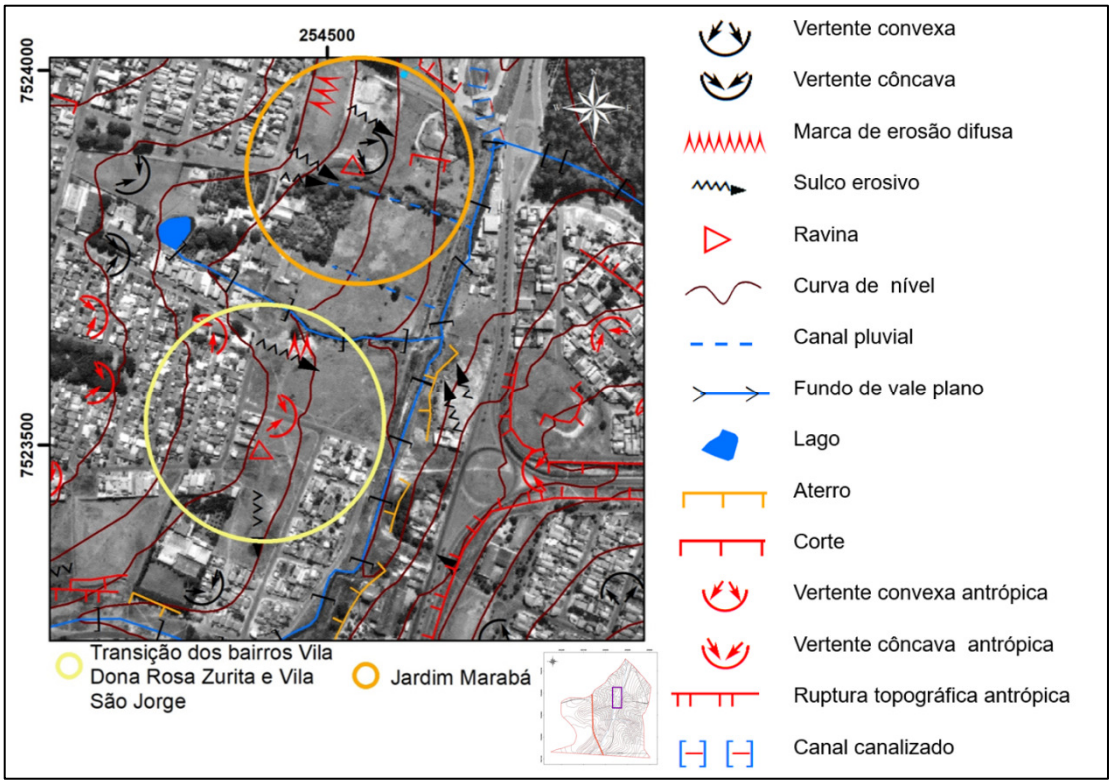


Figura 39 – Sulcos erosivos e ravinas nos bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge. Fonte: carta geomorfológica, 1997.

Em 1997, o modelado antrópico também passou por acréscimos em especial os aterros e os cortes na proporção de 0,92 km e 0,18 km, respectivamente (Tabela 2). A extensão das rupturas topográficas antrópicas se manteve estável, enquanto os cortes e os aterros foram detectados próximos a rodovias e as obras para a instalação de indústrias. Nesse período, houve

grande registro de aterros (Figura 25) próximos ao curso principal, Córrego do Facão, com a finalidade de prevenir os possíveis episódios de enchentes. Os sulcos erosivos e as ravinas se desenvolveram em terrenos com declividade (Tabela 15) de 2% |- 5%, 5% |- 12% e 12% |- 30% nos setores de alta, média e baixa vertente, onde havia o cultivo de cana-de-açúcar, pasto sujo/limpo, solo exposto, cobertura herbácea, área parcialmente edificada e sem edificação (Tabela 16). A junção desses fatores elencados potencializou o desencadeamento de sulcos erosivos e de ravinas nos materiais derivados da Formação Irati (permeabilidade baixa; resistência média) e derrames de Basalto (permeabilidade alta; resistência alta). Portanto, a fragilidade física da área ocupada pelas feições erosivas varia desde a classe fraca até muito forte (Tabela 17).

Classes de declividade	**Área (m²) total das classes de declividade**	**Área (m²)**	
		Sulco Erosivo	**Ravina**
0% |- 2%	1095762,10	47,31	0,00
2% |- 5%	3548163,85	144,12	0,00
5% |- 12%	4260486,05	315,07	871,80
12% |- 30%	790179,58	107,85	102,62
30% |- 45%	29780,23	0,00	0,00
≥ 45%	6171,25	0,14	0,00

Tabela 15 – Área das feições erosivas em cada classe de declividade em 1997. Fonte: carta geomorfológica 1997 e de declividade. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de uso da terra (m²)	**Ano 1997**		
	Área total de cada classes (m²)	**Sulco erosivo**	**Ravina**
		Área (m²)	**Área (m²)**
Área edificada	969979,55	0,00	0,00
Área parcialmente edificada	705241,17	8,04	0,00
Área sem edificação	131176,60	23,98	0,00
Indústrias	557992,16	0,00	0,00
Chácaras	412485,91	0,75	0,00
Cemitério	51299,76	0,00	0,00
Construção rural	38714,23	2,12	0,00
Área verde pública	100037,32	0,00	0,00
Cobertura herbácea	723193,38	73,76	175,29
Solo exposto	114475,60	26,67	0,00
Cana-de-açúcar	3279294,80	348,60	0,00
Cultura anual	40553,28	0,00	0,00
Cultura permanente	0,00	0,00	0,00
Citricultura	103780,89	0,00	0,00
Silvicultura	448878,56	0,20	0,00
Pasto limpo	437983,25	26,11	737,84
Pasto sujo	429627,93	69,12	0,00
Mata	469763,19	6,88	61,66
Vegetação de área úmida	162843,78	25,91	0,00

Tabela 16 – Área das feições erosivas em cada classe de uso da terra em 1997. Fonte: carta geomorfológica e de uso da terra 1997. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de fragilidade física	Área (m²) total das classes de fragilidade	Área (m²)	
		Sulco Erosivo	Ravina
Muito fraca	820878,99	54,05	0,00
Fraca	2164030,40	120,70	0,00
Média	527558,71	61,50	0,00
Forte	4322264,02	263,95	452,17
Muito forte	1885531,68	113,92	522,25

Tabela 17 – Área das feições erosivas em cada classe de fragilidade física em 1997. Fonte: carta geomorfológica 1997 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

No **cenário de 2010**, 0,15 km² das áreas edificadas aumentaram em relação ao período anterior; em contrapartida, as áreas não edificadas decresceram na razão de 0,04 km² em função do acréscimo de 0,16 km² das áreas parcialmente edificadas principalmente dos bairros Jardim Santa Catarina e Jardim Dalla Costa (Figura 26). Esse avanço fez com que a área ocupada por algumas classes de uso da terra diminuísse (Gráficos 4 e 6), como cobertura herbácea, pasto limpo, cana-de-açúcar e silvicultura (Figura 26). Portanto, esses dois bairros citados anteriormente encontravam-se no período de construção, pois as marcas de erosão difusa e as rupturas topográficas antrópicas foram registradas, evidenciando que algumas casas estavam sendo construídas e as ruas já estavam asfaltadas (Figura 40). Por outro lado, o condomínio Arnaldo Mazon apresentava-se no primeiro estágio, o suburbano, pois a retirada total de vegetação para construir os prédios, as ruas e as galerias de águas pluviais gerou processos erosivos. Para construir esse condomínio, fez-se o uso do aterro a fim de evitar as enchentes, uma vez que o mesmo se situa próximo do Córrego do Facão (Figura 40).

A organização dos arruamentos de forma perpendicular as curvas de nível, como visto anteriormente, tem a capacidade de potencializar o surgimento dos processos erosivos. No ano de 2010, nos bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge, sulcos erosivos, ravinas e um canal pluvial originado por uma grande ravina, em 1988, continuaram a se desenvolver pelas mesmas razões descritas anteriormente. Uma voçoroca com extensão de 1,87 km, foi registrada entre os bairros Jardim Dalla Costa, Jardim Bela Vista e Bosque de Versalles. O seu surgimento ocorreu em materiais oriundos da Formação Tatuí, cujas características são permeabilidade baixa, fração areia fina predominante e, em seguida, argila, sendo resistente aos processos erosivos (RODARTE, 2015). A mesma está posicionada em uma área com intervalos de declividade de 5% |-12%, 12% |- 30% e 30% |- 45%. Os motivos para a ocorrência da voçoroca, portanto, vinculam-se às ruas impermeabilizadas no sentido do declive e galerias de águas pluviais (bueiros), que chegam ao leito do rio, intensificando a velocidade das águas, provocando o aceleramento da erosão.

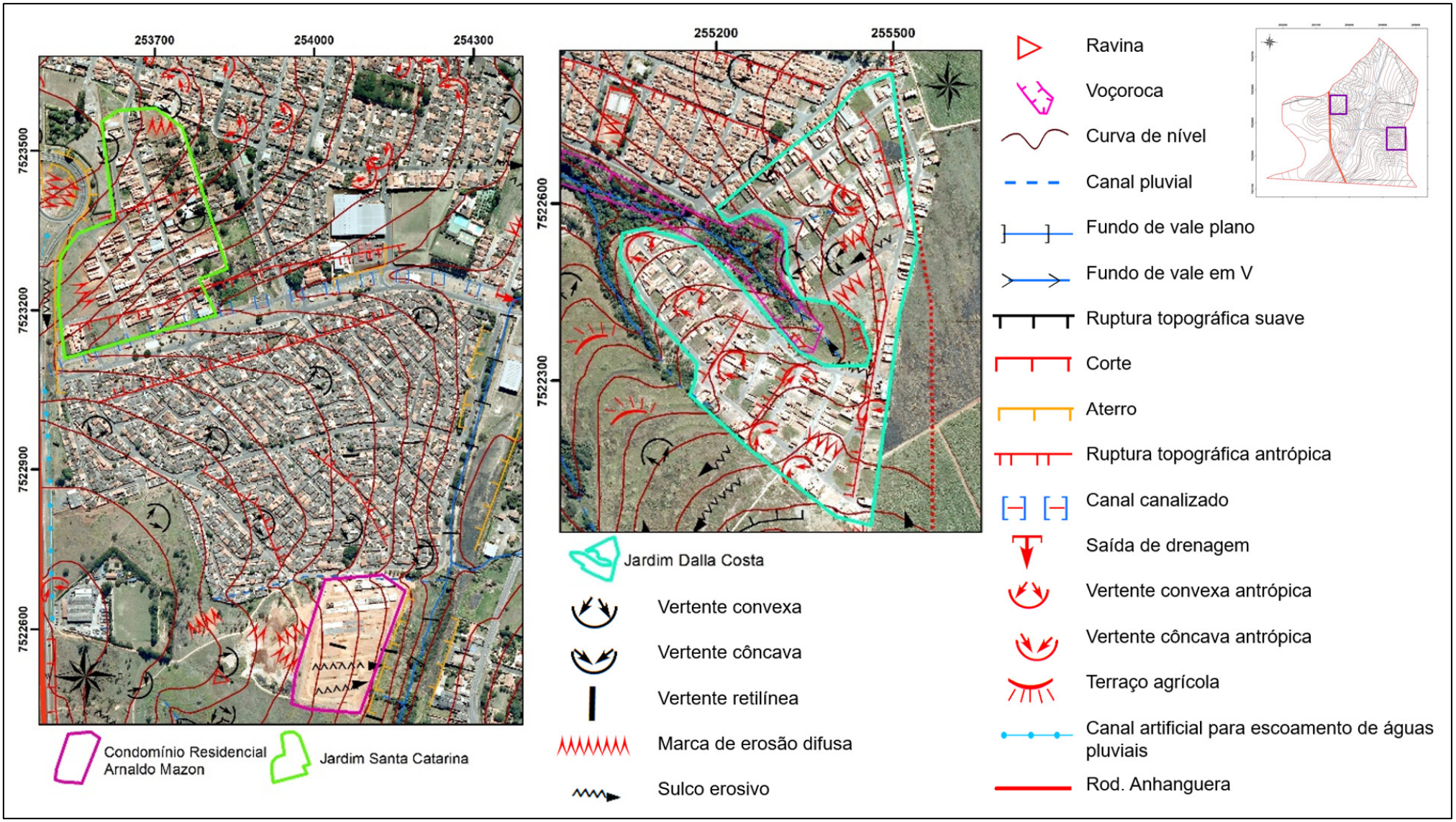


Figura 40 – Período suburbano no condomínio Arnaldo Mazon e período de construção nos Jardins Dalla Costa e Santa Catarina. Fonte: carta geomorfológica 2010.

As feições antropogênicas aumentaram de 1997 para 2010 em função do avanço da urbanização. A extensão dos aterros, dos cortes e das rupturas topográficas antrópicas tiveram acréscimo (Tabela 9). Os canais artificiais tiveram um incremento de 4,63 km (Tabela 2), os quais estão vinculados ao sistema de drenagem das rodovias Anhanguera (SP-330/BR-050), Wilson Finardi (SP-191) e Gilberto Carlos P. da Silva (SP-165). A identificação de bacias de contenção (Figura 41) de forma pontual (quatro unidades) na rodovia Gilberto Carlos P. da Silva faz parte desse sistema de drenagem das águas pluviais, a fim de amenizar a energia e controlar os processos erosivos (sulcos erosivos e ravinas). Essas últimas feições evidenciam como o homem é capaz de transformar o escoamento natural para um "controlado".

No que se refere à fragilidade física, os processos erosivos se desenvolveram em todas as classes, mas principalmente, na classe forte, muito forte, fraca (Tabela 18). Essas classes de fragilidade coincidem, basicamente, com os intervalos de declividade 2% |- 5%, 5% |- 12% e 12% |- 30% (Tabela 19), apresentando uso da terra diversificado (áreas parcialmente edificadas e sem edificação, cultura anual, cana-de-açúcar, cobertura herbácea, solo exposto, pasto limpo, pasto sujo e mata), logo, sendo o fator determinante para o desencadeamento dos sulcos erosivos, ravinas e voçoroca.

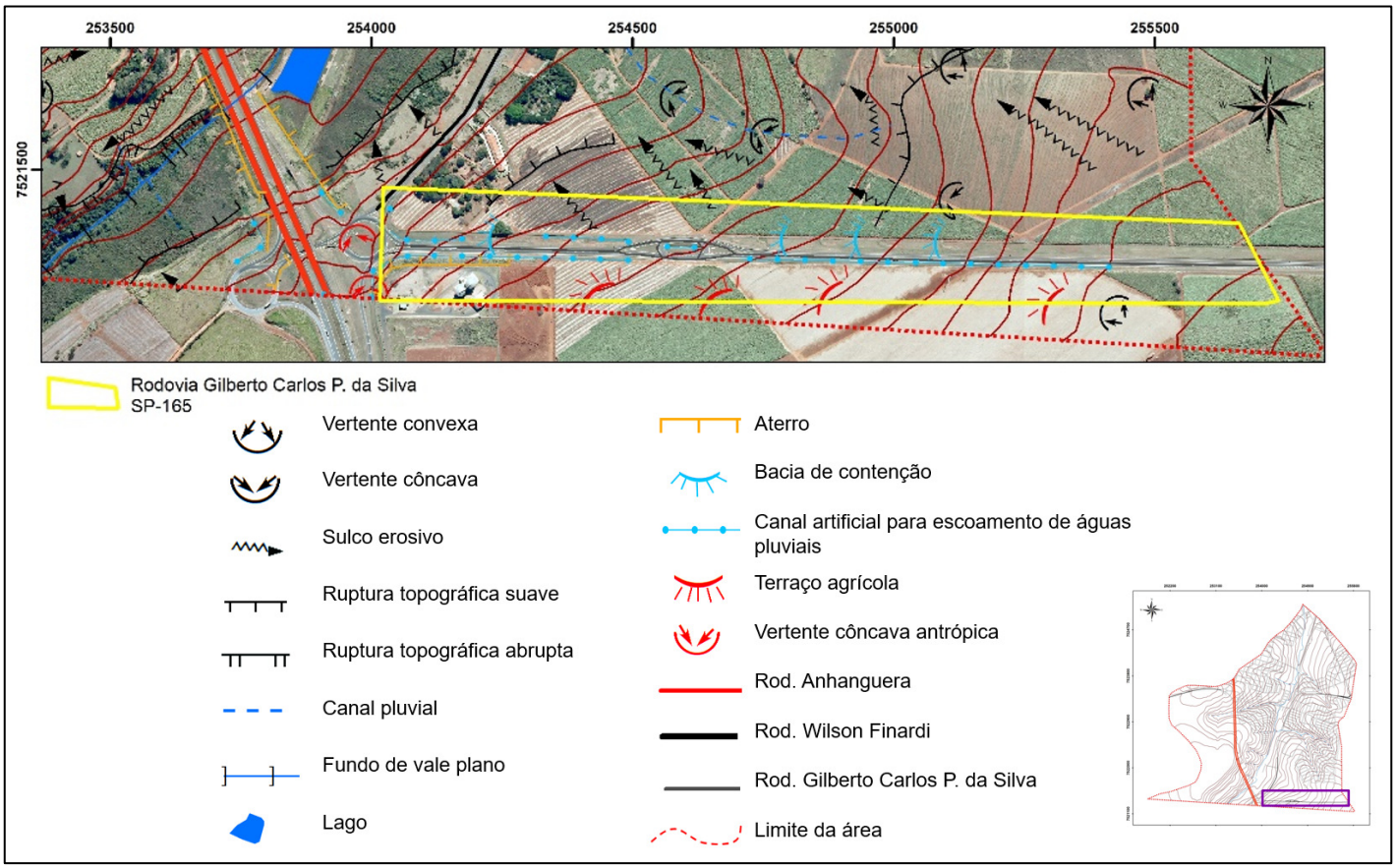


Figura 41 – Sistema de drenagem da Rodovia Gilberto Carlos P. da Silva (SP-165). Fonte: carta geomorfológica de 2010.

Classes de fragilidade física	Área (m²) total das classes de fragilidade	Área (m²)		
		Sulco Erosivo	Ravina	Voçoroca
Muito fraca	820878,99	71,45	0,00	0,00
Fraca	2164030,40	138,74	0,00	0,00
Média	527558,71	38,71	0,00	17,96
Forte	4322264,02	260,07	256,63	4529,91
Muito forte	1885531,68	47,98	481,61	951838,71

Tabela 18 – Área dos processos erosivos em cada classe de fragilidade física em 2010. Fonte: carta geomorfológica de 2010 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

Classes de declividade	Área (m²) total das classes de declividade	Área (m²)		
		Sulco Erosivo	Ravina	Voçoroca
0% |- 2%	1095762,10	61,20	0,00	13,19
2% |- 5%	3548163,85	156,64	0,00	1332,67
5% |- 12%	4260486,05	274,62	738,24	14265,71
12% |- 30%	790179,58	63,35	0,00	22464,51
30% |- 45%	29780,23	1,13	0,00	2721,33
≥ 45%	6171,25	0,00	0,00	717,25

Tabela 19 – Área dos processos erosivos em cada intervalo de declividade em 2010. Fonte: carta geomorfológica de 2010 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

O **cenário** mais recente, **2016**, evidenciou muitas transformações oriundas da força antrópica direta e indireta (Tabela 2). A cultura canavieira decresceu (Gráfico 4) na razão de 0,98 km² de 2010 para 2016, em virtude dos loteamentos Jardim Esplanada e Jardim Planalto. A citricultura foi outro cultivo que perdeu espaço para o loteamento Jardim Bosque dos Ipês. Esses três bairros, eram considerados Zona de Expansão Urbana (ZEU) pela lei complementar municipal 3.903/2006; encontravam-se no período de construção, apresentando sulcos erosivos, ravina, aterro e cortes detectados (Figura 42) para estabelecer a construção das casas. Salienta-se que esses bairros, no ano de 2015, estavam no período suburbano, ou seja, época da retirada da vegetação para se construir as quadras, as guias, os postes de luz e o sistema de águas pluviais no Jardim Bosque dos Ipês (Figura 42), no Jardim Esplanada (Figura 43) e no Jardim Planalto (Figura 43) (BERNARDELLI, 2016). Com o avanço da urbanização, as áreas edificadas, parcialmente edificadas e não edificadas acresceram na área de estudo na proporção de 0,07 km², 0,11 km² e 0,21 km², respectivamente, acarretando aumento da extensão das rupturas topográficas antrópicas (Tabela 2) e paralisação dos processos erosivos em superfície. Entretanto, os mesmos continuam a se desenvolver em subsuperfície devido a fragilidade física da área (material inconsolidado x declividade), podendo ser potencializados por vazamentos da tubulação de água.

Vale destacar que, atualmente, esses bairros estão no segundo estágio (período de construção), pois, ainda, há o estabelecimento de casas. Segundo o zoneamento de uso e ocupação do solo urbano do município de Araras (lei complementar número 3.903/2006 –

Anexo III), recentemente, os bairros Jardim Esplanada e Jardim Planalto são considerados Zona Mista Geral (ZMG), enquanto o bairro Jardim Bosque dos Ipês é uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS).

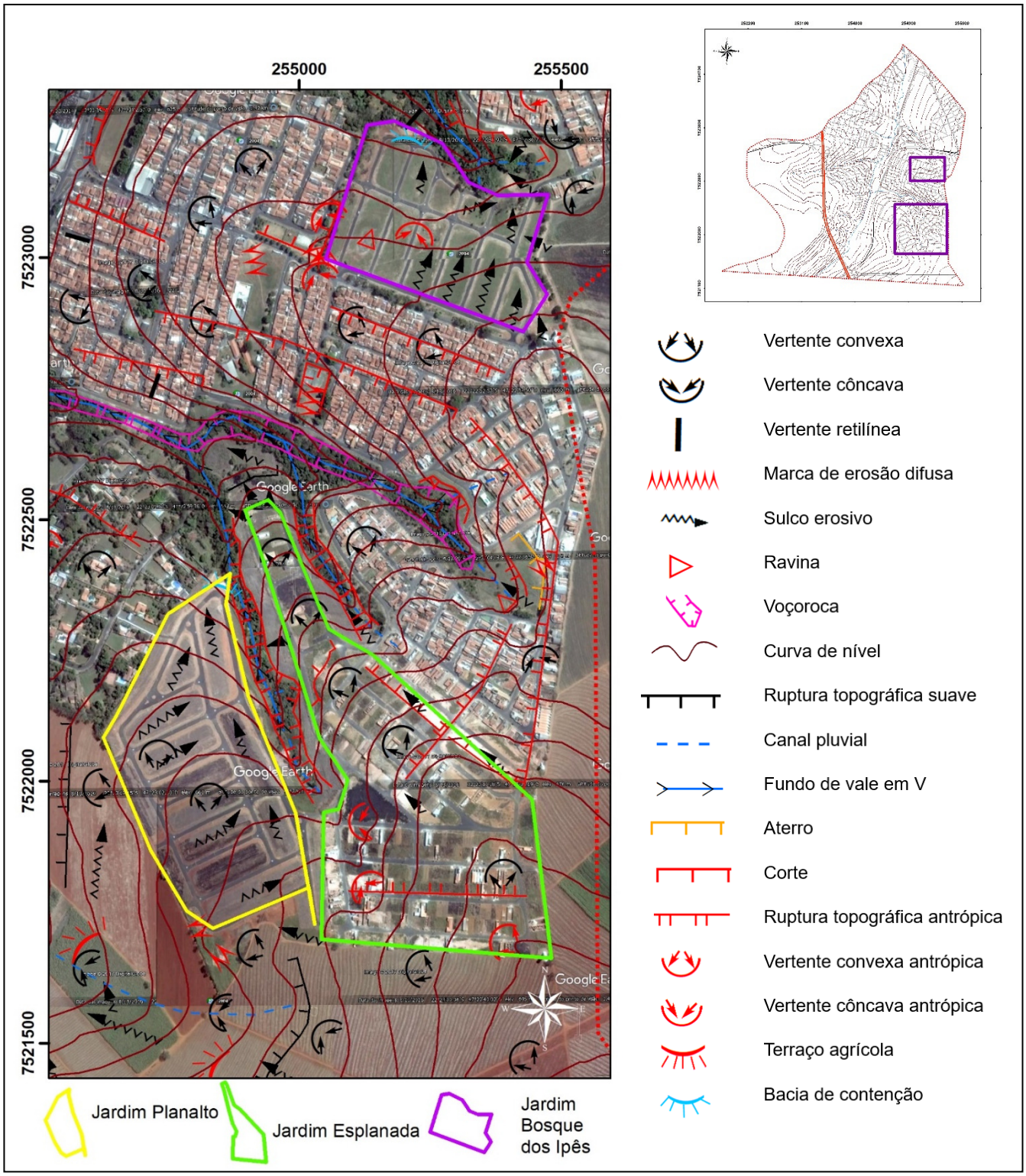


Figura 42 – Bairros no estágio de construção. Fonte: carta geomorfológica, 2016.



Figura 43 – Período suburbano nos bairros Jardim Esplanada e Jardim Planalto. Fonte: autora, 28/05/2017 (Jardim Esplanada); 29/07/2018 (Jardim Planalto).

No geral, os processos erosivos variaram ao longo dos 54 anos (Tabela 9) em função do avanço da urbanização e seus estágios, o arranjo dos arruamentos, os usos da terra em áreas rurais, juntamente com a declividade variada (principalmente entre 2% a 30%) da área e dos materiais inconsolidados. Esses fatores elencados fomentaram o surgimento de marcas de erosão difusa, sulcos erosivos, ravinas e voçoroca, que são indicadores da fragilidade física (Tabela 20) da área estudada. A identificação da fragilidade física e a utilização do uso da terra 2016 subsidiaram a proposta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano que será discutido a seguir. Nota-se, portanto, como a ação antrópica é capaz de acelerar os processos erosivos e, consequentemente, transformar o seu funcionamento.

Classes de fragilidade física	**Área (m²) total de classe de fragilidade física**	**Área (m²)**		
		Sulco Erosivo	**Ravina**	**Voçoroca**
Muito fraca	820878,99	30,26	0,00	0,00
Fraca	2164030,40	142,66	0,00	0,00
Média	527558,71	23,09	13,38	0,65
Forte	4322264,02	274,95	2402,91	6322,65
Muito forte	1885531,68	92,54	554,63	31921,55

Tabela 20 – Área dos processos erosivos em cada classe de fragilidade física, 2016. Fonte: carta geomorfológica 2016 e de fragilidade física. Elaborado e organizado pela autora.

Em 2016, os sulcos erosivos, as ravinas e a voçoroca aumentaram quando comparado com o ano de 2010 (Gráfico 10). No Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge, as feições erosivas e o canal pluvial ainda ocorrem pelos motivos e características físicas já expostos. O uso da terra durante 54 anos e a fragilidade física dessa área apontaram um nível de restrição muito forte, forte e medianamente forte (Figura 31). Em trabalho de campo, no Jardim Marabá, verificou-se a presença de ravinas e de canal pluvial, constatando a fragilidade física muito forte e moderada desta área. Para proteger a pequena criação de gado, o proprietário colocou cercas em volta do canal pluvial, além de plantar vegetação. Nas ravinas, colocaram-se objetos (pneu, por exemplo) e plantas espinhosas para evitar acidentes e afugentar os animais (Figura 44). Vale lembrar que uma porção desta área é considerada uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), conforme o anexo III, da lei complementar municipal número 3.903/2006.



Figura 44 – Processos erosivos no bairro Jardim Marabá. Fonte: trabalho de campo 2018. Elaborado e organizado pela autora.

A extensão da voçoroca identificada no período anterior também acresceu 0,26 km simultaneamente ao estabelecimento dos novos loteamentos, Jardim Esplanada e Jardim Planalto, os quais podem estar acelerando o processo de erosão. Logo, nas proximidades da voçoroca entre os bairros Bosque de Versalles, Jardim Bela Vista, Jardim Dalla Costa e Jardim Maria Rosa, o terreno apresentou níveis de fragilidade física desde a classificação média até

muito forte, resultando em níveis de restrição do muito forte até o moderado. Tal classificação aconteceu devido à dinâmica de uso da terra (pastagem, citricultura, cana-de-açúcar, área parcialmente edificada e sem edificação), à declividade do terreno (5% |- 12%, 12 |- 30% e 30 |- 45%) e à organização dos arruamentos impermeabilizados em declive. Para evitar o avanço da voçoroca em direção aos bairros, o Jardim Planalto apresenta uma bacia de contenção (Figura 42), com a finalidade de amenizar a energia da água, ocorrendo o retorno dessa para o leito do rio de forma mais equilibrada. No verão, tal problemática se intensifica ainda mais e, consequentemente, a erosão avança rapidamente em direção aos bairros Jardim Dalla Costa, Jardim Bela Vista e Bosque de Versalles (Figura 45).



Figura 45 – Erosão nas margens do curso fluvial, localizado no bairro Bosque de Versalles. Fonte: autora, 31/01/2016 e 24/04/2016.

As consequências observadas foram a queda de árvores e o fechamento da ponte (Figura 46 A) que liga o bairro Bosque de Versalles com o Jardim Santa Rosa (chácaras). Segundo Penteado (2016), a Prefeitura vem realizando obras paliativas para evitar a queda e a erosão próxima da ponte, através de taludes e muro de arrimo na tentativa de conter a erosão, em julho de 2016. Em agosto de 2016, uma forte chuva destruiu essas obras e a erosão só avança (Figura

46 B). No mês de janeiro de 2017, época de chuvas, o aumento da velocidade das águas pluviais provocado pelos arruamentos impermeabilizados no sentido do declive que chegam de forma rápida ao leito do rio foi capaz de destruir a rede de galeria de águas pluviais e, por consequência, parte da calçada (Figura 46 C) (PENTEADO, 2017a). Segundo Penteado (2017a), a erosão teria começado em 2003, contudo a mesma se agravou com o passar dos anos principalmente a partir de 2014, com o surgimento dos novos loteamentos. Moradores dizem que esse problema vem ocorrendo faz tempo:

> "Eu moro há 31 anos no Versalles e me recordo de que era possível atravessar de uma margem para a outra, pois antes era apenas uma nascente de água. Como o passar dos anos, a nascente se transformou em um córrego e quando chove vira um rio. A enxurrada desce com força da parte mais alta e destrói as margens", disse Isabel Cristina Rodrigues. (PENTEADO, 2017a)



Figura 46 – Obras paliativas próximas à ponte e erosão em calçada, no bairro Bosque de Versalles. Elaborado e organizado pela autora.

Esse problema poderia ser amenizado se o município de Araras-SP tivesse uma legislação que obrigasse a construção de reservatórios de contenção nos loteamentos. Entretanto, a Prefeitura só pode impor esta medida antes de o loteador entregar a planta do bairro. Caso fosse uma obrigação, isso reduziria os gastos e os danos na estrutura urbana. Os

demais bairros e os novos loteamentos não possuem este sistema (PENTEADO, 2017b). Na área de estudo, dois loteamentos, Jardim Bosque dos Ipês e Jardim Planalto, já estão adequados, ou seja, construíram esses reservatórios (Figura 47), haja vista que a Secretaria de Planejamento do Município começou a solicitar essa medida a partir de 2016 para os novos loteamentos (PENTEADO, 2017b).



Figura 47 – Reservatório de contenção no bairro Jardim Bosque dos Ipês. Fonte: autora, 21/07/2018.

Além da construção de bacias de contenção, ter uma APP (no zoneamento de uso e ocupação do solo equivale à Zona Urbana de Preservação Permanente – ZUPP) com dimensões maiores seria uma forma de evitar os processos erosivos nas margens dos cursos fluviais. Isto é reforçado com o mapeamento dos níveis de restrição em muito forte e forte nas proximidades da APP da voçoroca (Figura 31), nos bairros Jardim Dalla Costa, Jardim Bela Vista e Bosque de Versalles, demonstrando a importância de se aplicar a legislação. Tal ocorrência também é notada na APP (níveis de restrição muito forte, forte, medianamente forte e moderado) que se localiza nos bairros Jardim Flamboyant e Genny Mercatelli, fortalecendo, novamente, a relevância da legislação (Figura 31).

Em trabalho de campo, realizado no dia 22 de julho de 2018, verificou-se uma ravina no trecho final do arruamento impermeabilizado em declive entre os bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge (Figura 48). A ravina não foi identificada no mapeamento geomorfológico de 2016 em razão da presença de vegetação, sendo que essa auxilia na

desaceleração do processo erosivo. O uso da terra (pasto limpo) e os arruamentos impermeabilizados em declive foram capazes de originar esse processo sobre os materiais da Formação Tatuí cuja permeabilidade é baixa e resistente à erosão (média a alta), assemelhando-se à dos bairros Jardim Marabá, Jardim Dalla Costa, Jardim Bella Vista e Bosque de Versalles. Destaca-se que a carta de fragilidade física (Figura 30) sinalizou a fragilidade física deste setor em muito forte e média. Essa diferença na classificação de fragilidade ocorreu em função das classes de declividade 2% |-5% e 5% |- 12% nesta, visto que o último intervalo obteve grande registro de área dos sulcos erosivos, enquanto que a carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (Figura 31) indicava uma restrição muito forte e forte devido ao uso da terra, no período de 1962 a 2016. Assim sendo, recomenda-se que não haja estrutura urbana, evitando-se desastres e gastos aos cofres públicos.



Figura 48 – Processo erosivo no trecho final do arruamento impermeabilizado entre os bairros Vila Dona Rosa Zurita e Vila São Jorge. Fonte: trabalho de campo 2018. Elaborado e organizado pela autora.

Nota-se, portanto, que a organização dos arruamentos é um fator que potencializa os processos erosivos no espaço urbano. Assim, o padrão de arruamento deve ser um instrumento técnico do planejamento urbano, o qual deve estar vinculado com a topografia da área a ser

ocupada, para que haja uma diminuição da velocidade das águas pluviais, evitando processos erosivos. Segundo Mascaró (2005), o traçado geométrico é indicado para terrenos planos ou de baixa declividade; já para os terrenos acidentados, declivosos, o traçado do sistema viário deve acompanhar a variação topográfica. Esse mesmo autor (2005) propõe traçados geométricos para terrenos com diferentes declividades a fim de evitar o desenvolvimento de processos erosivos. A figura 49A mostra um terreno com declividade alta, onde o arranjo dos arruamentos é perpendicular às curvas de nível e, por consequência, haverá erosão, em virtude do aumento da velocidade das águas pluviais. Para reduzir a aceleração das águas da chuva neste tipo de terreno, o traçado geométrico das ruas pode ser desencontrado (Figura 49B) ou "[...] as ruas se dispõem diagonalmente às curvas de nível [Figura 49C] (MASCARÓ, 2005, p. 28)." Contudo, os arruamentos dispostos em diagonal às curvas de nível prejudicam o trânsito, em razão das "[...] valetas atravessando o pavimento para conduzi-las superficialmente ou, caso contrário, haverá multiplicação de bocas-de-lobo (MASCARÓ, 2005, p. 28)." A figura 49A apresenta o traçado mais adequado para terrenos com declividade baixa, permitindo ruas paralelas às curvas de nível.

Nesse sentido, vale mencionar que o município de Rio Claro-SP por meio do seu plano diretor (Lei 3.806/2007) pondera como deve ser o arranjo dos arruamentos e das quadras para os futuros loteamentos, servindo de exemplo para o município de Araras-SP:

> Art. 34º - Nos novos loteamentos, a disposição das vias e quadras deverá ser orientada pelas condições topográficas.
> Parágrafo Único – Nas encostas com declive de 15% (quinze por cento) a 30% (trinta por cento) a disposição das quadras e o plano de arruamentos deverão seguir as curvas de nível, alternando-se as quadras, de forma que as vias que seguem o sentido do declive não sejam contínuas (RIO CLARO, 2007).

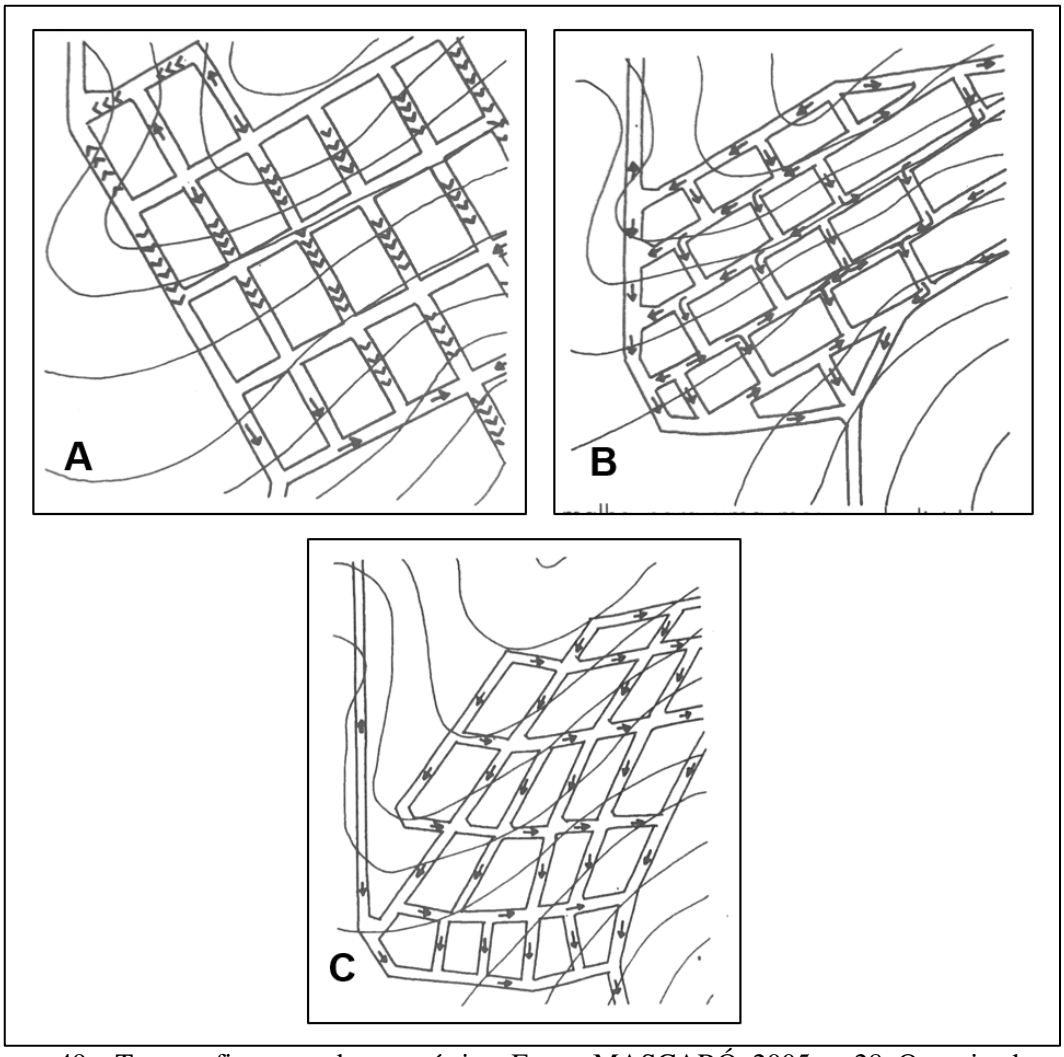


Figura 49 – Topografia e traçado geométrico. Fonte: MASCARÓ, 2005, p. 28. Organizado pela autora.

Nesse cenário, 2016, há um setor próximo ao Condomínio Arnaldo Mazon que merece ser destacado em virtude dos sulcos erosivos e ravinas (3), verificando que os mesmos também foram detectados em períodos anteriores. (Figura 50). Considera-se que uma combinação de fatores provocou o surgimento dessas feições, a saber:

- Declividade em dois intervalos: 5% |- 12% e 12% |- 30%;
- Uso da terra: pasto limpo, pasto sujo, construção rural e solo exposto;

A dinâmica do uso da terra e a declividade deste setor foram determinantes para o surgimento das feições erosivas (sulcos erosivos e ravinas) em material derivado da Formação Irati, formação essa que possui permeabilidade baixa e resistência mediana à erosão (RODARTE, 2015). Tal fato é constatado na figura 51, com o desenvolvimento de processos erosivos no aterro próximo ao condomínio residencial Arnaldo Mazon.

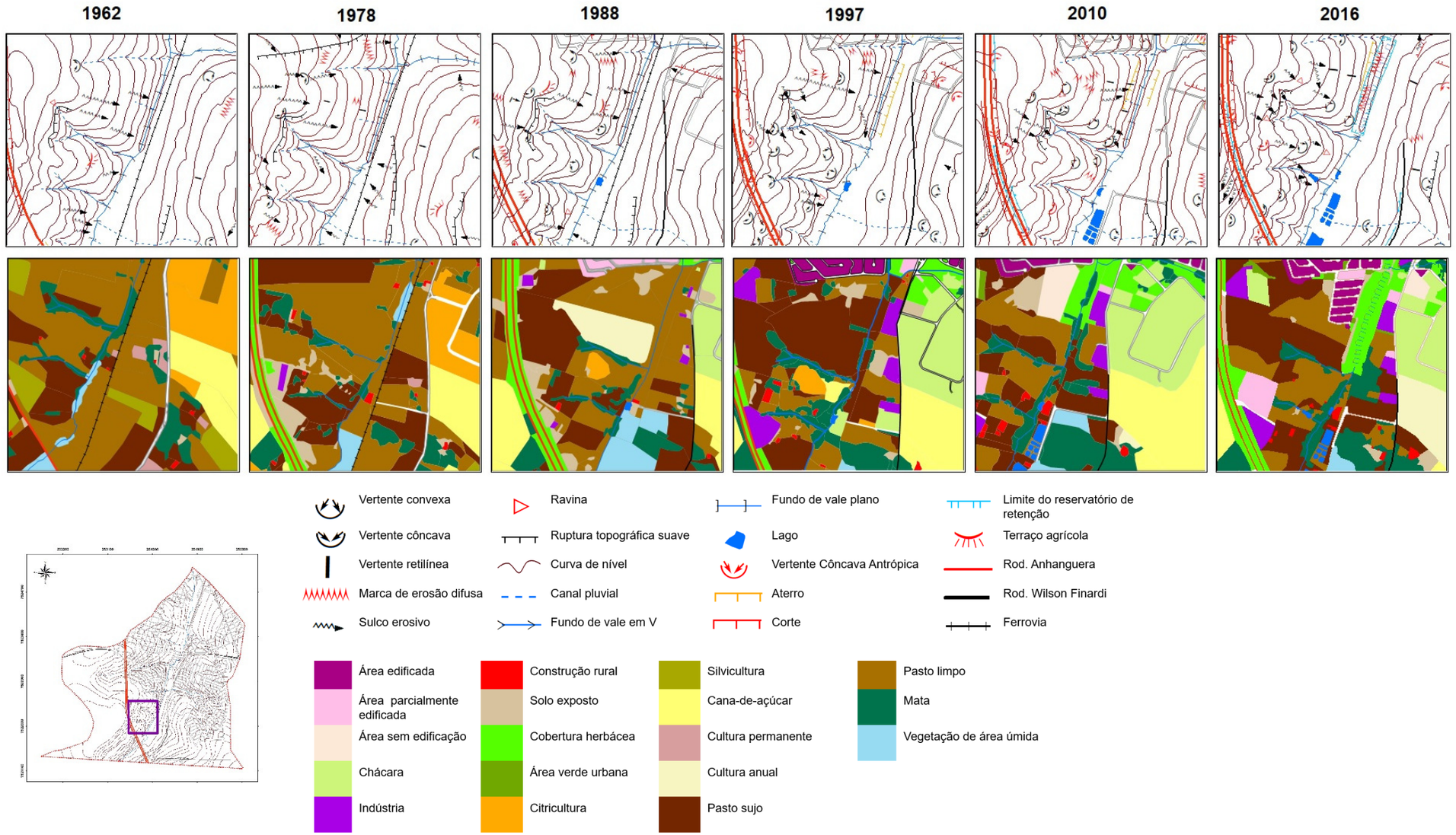


Figura 50 – Processos erosivos de 1962 a 2016 próximo ao condomínio Arnaldo Mazon. Fonte: cartas geomorfológicas e de uso e ocupação da terra 1962 a 2016. Elaborado e organizado pela autora.

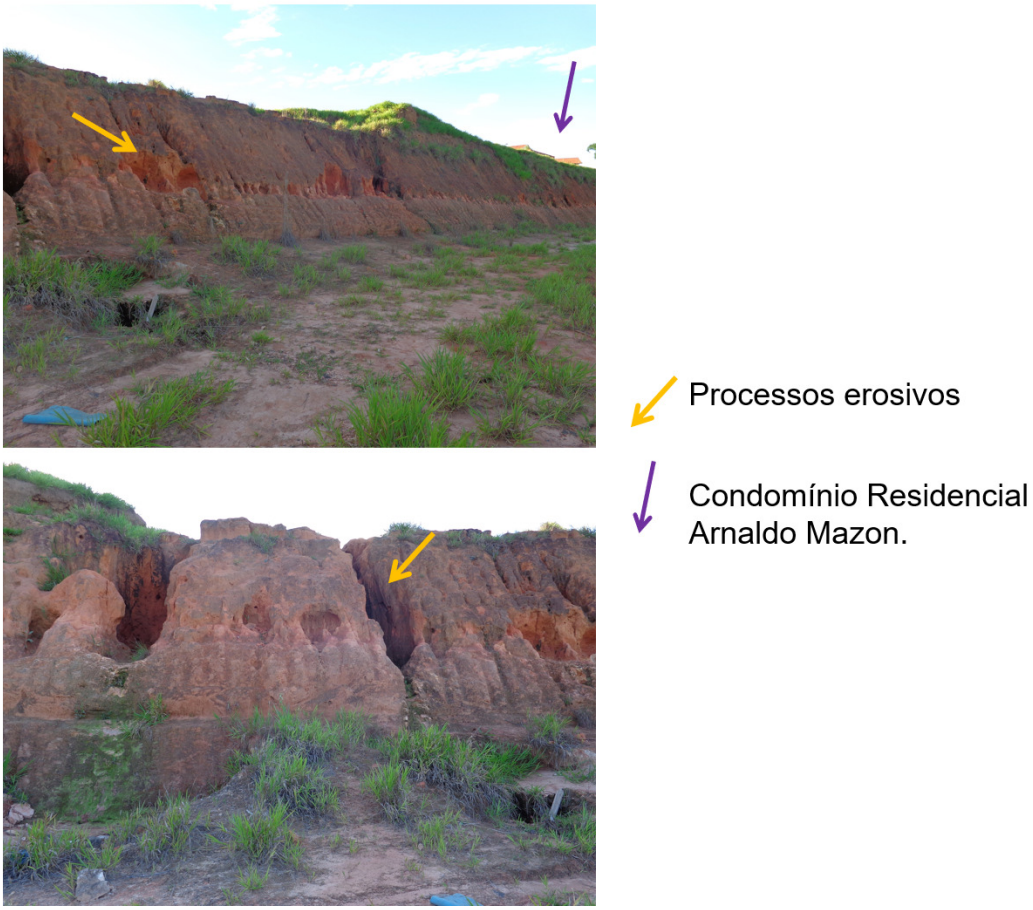
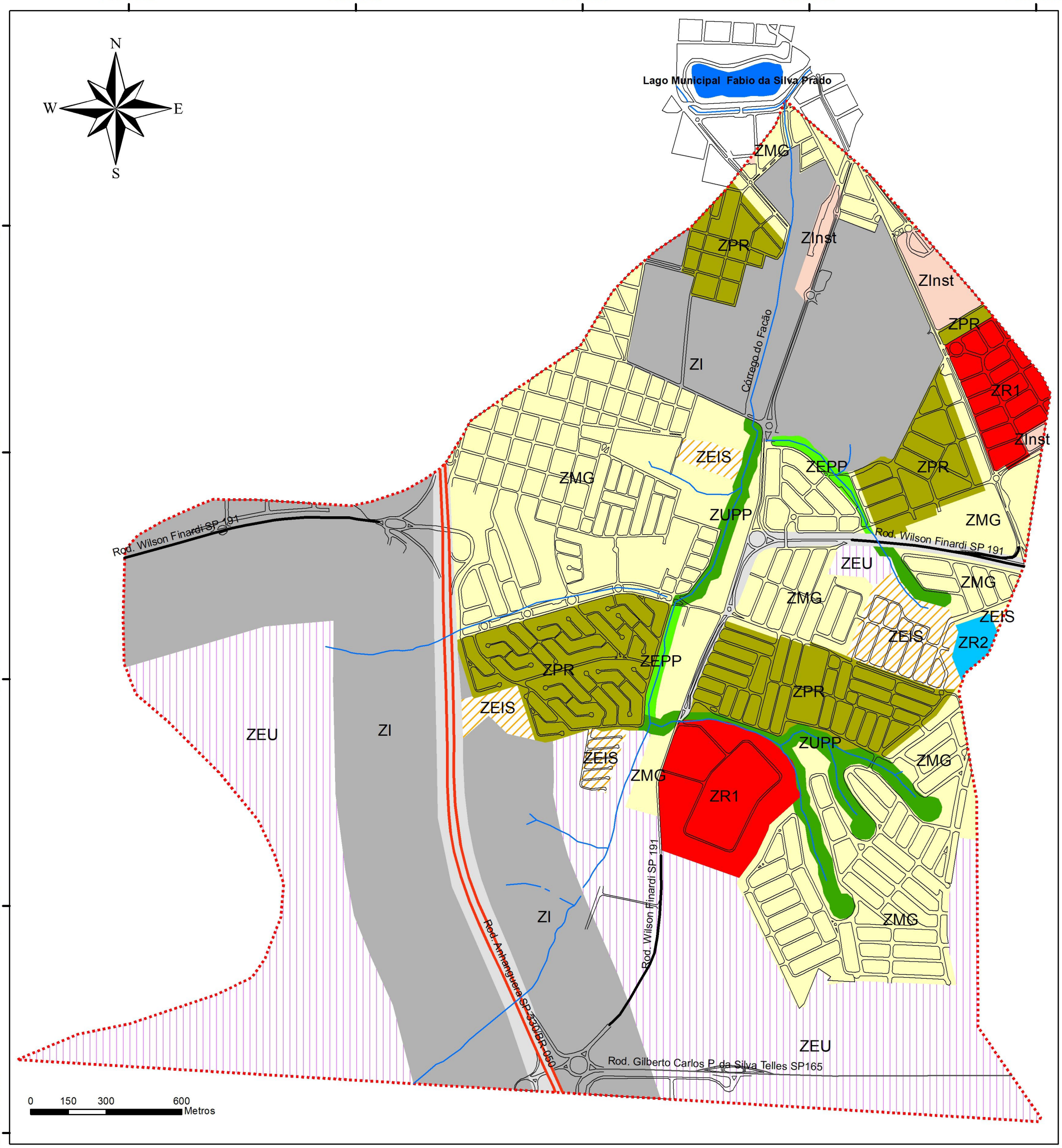


Figura 51 – Processo erosivo no aterro próximo ao Condomínio Residencial Arnaldo Mazon. Fonte: trabalho de campo 2018. Elaborado e organizado pela autora.

A partir desses fatores destacados, a carta de fragilidade física (Figura 30) classificou este setor com fragilidade forte e média, uma vez que essas classes coincidem com o desenvolvimento das feições erosivas nos intervalos de declividade 5% |- 12% e 12% |- 30%. Em relação à carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (Figura 31), especificou-se como nível moderado e forte em razão da variação do uso da terra, ao longo dos 54 anos, bem como da espacialização dos processos erosivos (Figura 50). Dessa maneira, a estrutura das construções na Zona Industrial (ZI) e na Zona de Expansão Urbana (ZEU) devem ser bem dimensionadas ou até mesmo evitadas em setores de restrição forte e medianamente forte para que não haja avarias, tendo em vista que é uma área que sofreu processos erosivos de 1962 a 2016 (Figura 50).

Cabe destacar a área localizada (Figura 52) nas proximidades da Rodovia Anhanguera (SP-330/BR-050) a qual é considerada Zona de Expansão Urbana (ZEU), além de ser uma Zona Industrial (ZI), segundo a lei complementar municipal número 3903/2006 (Anexo III). Atualmente, esta área apresenta cultivo de cana-de-açúcar, pasto limpo e pasto sujo e construções rurais (Figura 27), tendo o desenvolvimento de sulcos erosivos, mesmo com o

Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo - Araras (SP)



Legenda

- ZER1 — Uso residencial com densidade construtiva baixa
- ZER2 — Uso residencial com densidade construtiva baixa
- ZPR — Uso residencial de densidade construtiva média, sendo permitido atividades comerciais, prestação de serviço e institucionais.
- ZMG — Uso diversificado: residencial, comercial e prestação de serviço.
- ZI — Destinado a indústrias, comércios e prestação de serviço
- ZUPP — Áreas com vegetação
- ZEPP — Proteção ambiental voltado para o lazer
- ZEIS — Uso residencial com densidade construtiva baixa
- ZInst — Espaço destinado a equipamentos urbanos e comunitários de interesse público
- ZEU — Porções do território destinado ao crescimento urbano.

Fonte: Lei complementar nº 3903/2006; Anexo III Planta de zoneamento codificado 10. Disponível em: < https://araras.sp.gov.br/servicos_ao_cidadao/# >

Figura 52 - Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo - Araras (SP)

emprego dos terraços agrícolas. Este setor apresentou uma fragilidade física fraca, média e forte em virtude da declividade dos terrenos (0% |- 2%, 2% |- 5%, 12% |- 30% e 30% |- 45%), enquanto os níveis de restrição variaram desde o muito fraco até o muito forte por causa dos diferentes usos da terra, no período de 54 anos, dada a fragilidade física deste setor (Figura 27). Portanto, o planejamento urbano desta área deve ser bem pensado principalmente em relação ao sistema de drenagem das águas pluviais e à organização das quadras, para evitar tanto os processos erosivos no trecho final do arruamento quanto os alagamentos detectados no cenário de estudo.

Vale ressaltar que a Rodovia Wilson Finardi (SP-191), próxima do Distrito Industrial com sentido ao município de Rio Claro-SP vem passando por ampliação (pista simples para pista dupla – Figura 53) com a finalidade de melhorar o trânsito que liga essas duas cidades. Entretanto, esta obra vem provocando grandes mudanças topográficas, por conta dos cortes e aterros. Essa fase de construção gera sedimentos os quais vão para as galerias de águas pluviais e, depois, para o curso fluvial mais próximo.



Fonte: Google Earth®, 2019.

Obras na alça de acesso da Rodovia Wilson Finardi (SP-191)

Figura 53 – Obras na alça de acesso da Rodovia Wilson Finardi (SP-191). Fonte> Google Earth, 2019; trabalho de campo 2018. Elaborado e organizado pela autora.

Em relação à fragilidade física, no ano de 2016, os sulcos erosivos predominavam nas classes: muito forte, forte e fraca enquanto as áreas das ravinas ficaram concentradas em: forte, muito forte e média; já na área da voçoroca prevaleceu a classificação: muito forte, forte e média, assim como nos anos anteriores. Conforme exposto anteriormente, as classes de fragilidade correspondem, sobretudo, aos intervalos de declividade 5% |- 12% e 12% |- 30% e este fato também ocorreu no ano de 2016, sendo que, na proposição dos pesos esses intervalos

foram os que obtiveram a maior influência (5% |- 12%: 100; 12% |- 30: 90 – Figura 10) em relação ao restante das declividades, tendo sido verificado que os processos erosivos se desenvolveram principalmente nessas classes ao longo dos 54 anos.

A declividade é um fator que colabora no desenvolvimento de processos erosivos, contudo, no cenário de estudo, o uso da terra foi a causa principal no surgimento dos mesmos. Nos períodos analisados (1962, 1978, 1988, 1997 e 2010), os sulcos erosivos, as ravinas e a voçoroca surgiram, especialmente, em áreas parcialmente edificadas, áreas sem edificação, cobertura herbácea, solo exposto, cana-de-açúcar, cultural anual, pasto limpo e pasto sujo. Essa dinâmica de uso da terra assinalada ocorreu de forma semelhante para o ano de 2016, porém a única diferença foi o desenvolvimento da voçoroca na classe de uso da terra mata. O arruamento impermeabilizado em declive foi outro elemento que também intensificou o desencadeamento dos processos erosivos.

Todos esses fatos elencados foram capazes de gerar os sulcos, as ravinas e a voçoroca nos quatro tipos de materiais inconsolidados das Formações Tatuí, Irati, Piraçununga e dos derrames de Basalto (Tabela 21).

Classes dos materiais inconsolidados	**Área (m²) total de cada classe de material inconsolidado**	**Área (m²)**		
		Sulco erosivo	**Ravina**	**Voçoroca**
		2016	**2016**	**2016**
Classe 1 (materiais derivados da Formação Tatuí)	3552040,51	137,53	964,41	38244,84
Classe 2 (materiais derivados da Formação Irati)	4953493,37	373,67	2006,51	0,00
Classe 3 (materiais derivados do basalto)	745976,45	33,32	0,00	0,00
Classe 4 (materiais derivados da Formação Piraçununga)	478245,50	18,97	0,00	0,00

Tabela 21 – Área ocupada pelas feições erosivas em cada classe de material inconsolidado 2016. Fonte: carta geomorfológica 2016 e de material inconsolidado. Elaborado e organizado pela autora.

Por outro lado, o avanço da urbanização (Gráfico 6) provocou aumento do modelado antrópico e das alterações nos cursos fluviais e nos represamentos artificiais de água da área de estudo (Gráfico 13). Em relação ao modelado antrópico, a extensão dos aterros manteve-se estável quando comparada com o ano de 2010 (Tabela 2), ao passo que os cortes e as rupturas topográficas antrópicas passaram por acréscimos devido à expansão urbana (novos loteamentos). Os canais artificiais para o escoamento das águas da chuva também foram ampliados, assim como as bacias de contenção, feições atreladas ao sistema de drenagem das três rodovias de circulação (Figura 27). Os primeiros, os canais artificiais, direcionam as águas pluviais para os córregos mais próximos ou para as bacias de contenção, cujo objetivo é reduzir a energia da água, para que esta seja liberada aos poucos a fim de evitar alagamentos.

Os cursos fluviais tiveram grandes alterações ao longo do período analisado. Os cursos de fundo encaixado não apresentaram muita variação na sua extensão, em contrapartida os de fundo plano tiveram decréscimos devido ao avanço da urbanização, repercutindo na expansão do comprimento dos cursos canalizados. A seguir, a análise ocorreu, inicialmente, pelos afluentes e, depois, pelo curso principal, o Córrego do Facão.

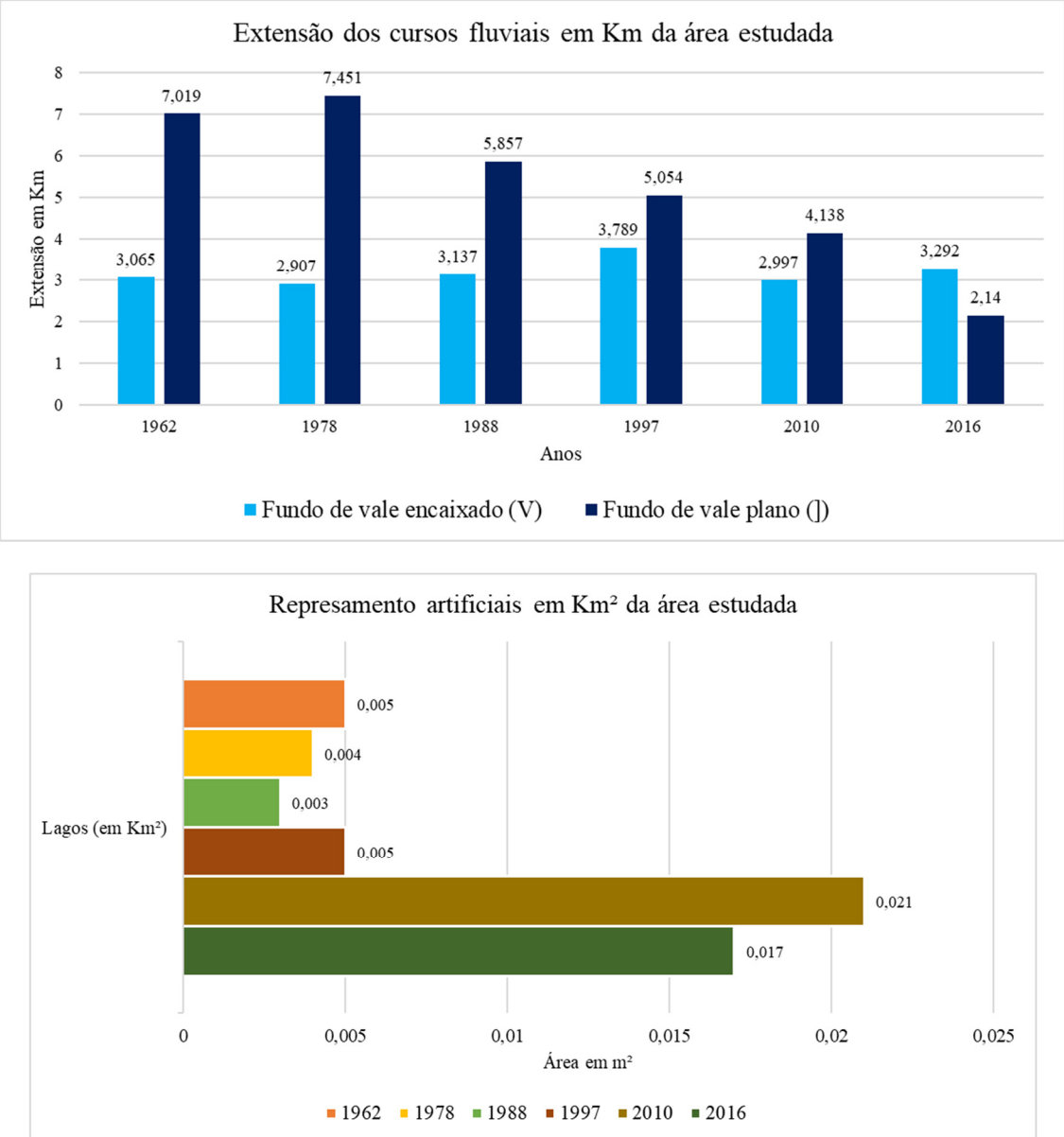


Gráfico 13 – Evolução da extensão dos cursos fluviais e da área dos represamentos na área estudada. Fonte: cartas geomorfológicas 1962 a 2016. Elaborado e organizado pela autora.

O registro de canalização dos cursos d'água, tanto no bairro Narciso Gomes quanto no Jardim dos Ypês aconteceu no cenário de 2010 (Figura 54). A canalização ocorreu, em virtude das mudanças viárias para que fosse possível a locomoção entre os bairros próximos, além da consolidação da urbanização (terceiro estágio do processo), acarretando o surgimento da classe

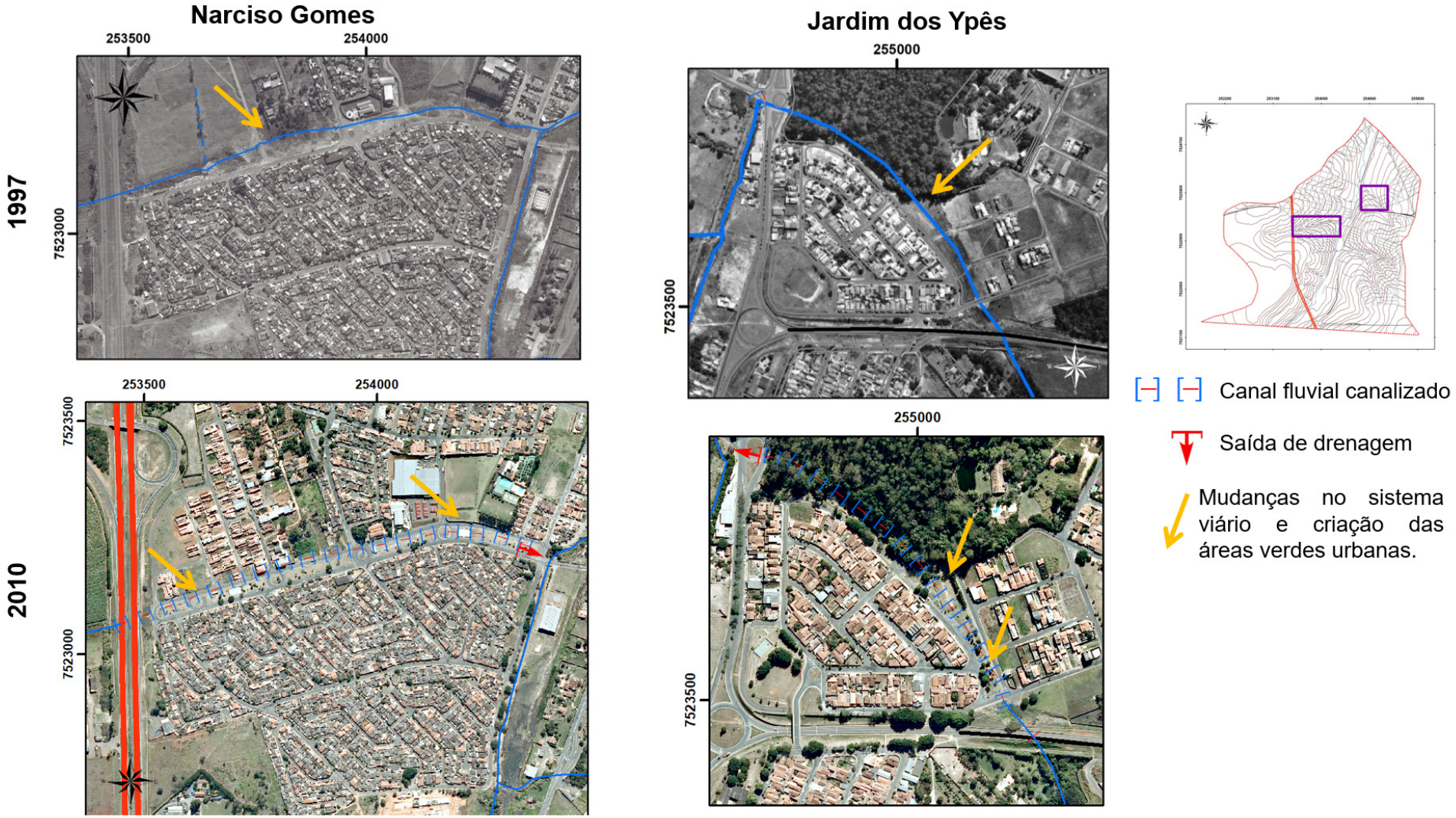


Figura 54 – Canalização dos cursos fluviais nos bairros Narciso Gomes e Jardim dos Ypês em razão de mudanças no sistema viário. Fonte: cartas de uso e ocupação da terra. Elaborado e organizado pela autora.

área verde urbana e diminuição de outras, tais como cobertura herbácea em ambos os bairros (Figura 54). Todo esse processo repercutiu nas APPs desses córregos (Figura 29), apresentando áreas que transgrediram a legislação. Segundo Oliveira, Reckziegel e Robaina (2006, p. 105-110), as intervenções antrópicas nos cursos d'águas podem ser divididas em:

- Canais abertos: as águas dos cursos fluviais são drenadas abertamente, porém as margens e o leito sofreram modificações;
- Canais fechados: o escoamento das águas ocorre em condutos de concreto completamente fechados;
- Canais mistos: combinação de canais abertos e fechados.
- Canais retificados: diminuição da sinuosidade do córrego;
- Barramentos: conhecidos como "piscinões" cuja finalidade é barrar a água quando existe um aumento da vazão do rio

Portanto, no bairro Narciso Gomes, o curso fluvial de 0,917 km é um canal fechado, enquanto o córrego situado no Jardim dos Ypês apresenta um pequeno trecho na razão de 0,039 km de canal retificado e 0,579 km de canal fechado (Figura 56 A e B). As nascentes desses cursos possuem usos da terra distintos (Figuras 55 e 29). O uso da terra a montante do curso d'água do bairro Narciso Gomes tem características de um ambiente rural, já o Jardim dos Ypês contém urbanização (período de construção), ambos têm mata ciliar, amenizando o processo de assoreamento. A fragilidade física na proximidade desses cursos fluviais variou. O curso fluvial situado no bairro Narciso Gomes registrou as classes de fragilidade física fraca, moderada e forte, devido às classes de declividade (0% |- 2%, 2% |- 5% e 12% |- 30%), enquanto o nível de restrição do relevo (Figura 31), nas proximidades da nascente deste curso fluvial, variou desde a classe fraca até forte, em função do uso da terra (Figura 55) e da fragilidade física (Figura 30). Esta área é considerada Zona de Expansão Urbana (ZEU), portanto o município deve atentar na forma de estabelecer o processo de urbanização.

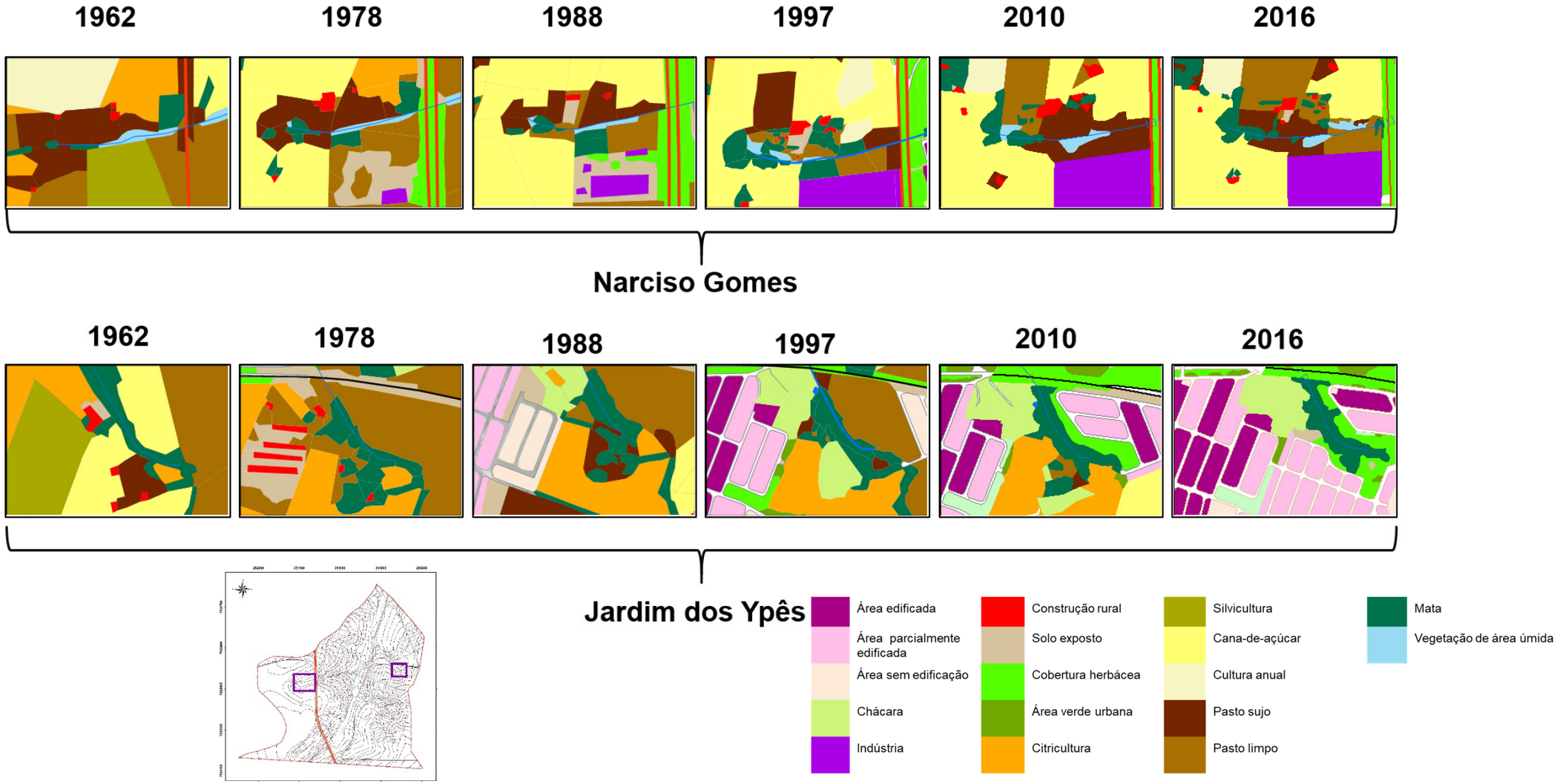


Figura 55 – Uso da terra nas nascentes dos cursos fluviais localizados nos bairros Narciso Gomes e Jardim dos Ypês em 54 anos. Legenda: quadro 6. Fonte: carta de uso e ocupação da terra 1962 – 2016. Elaborado e organizado pela autora.

No Jardim dos Ypês, o curso d'água obteve predominantemente uma fragilidade física muito forte, correspondendo com a declividade 5% |- 12% e 12% |- 30% e níveis de restrição do relevo medianamente forte e forte em virtude da dinâmica do uso da terra (Figura 44). Em janeiro de 2019, período de chuvas na área de estudo, a galeria de água pluvial da Rodovia Wilson Finardi (SP-191) não suportou a quantidade de chuva, o que acarretou a sua destruição e, após, o desbarrancamento na vertente. Para evitar a erosão, a concessionária, que administra a rodovia, colocou uma lona em toda a sua extensão (Figura 45 C). Tal fato valida os dados de fragilidade física obtidos nessa pesquisa neste setor do curso fluvial.



Figura 56 – Curso fluvial do Jardim dos Ypês e galeria de água pluvial destruída pelas chuvas de verão 2019. Fonte: trabalho de campo 2019. Elaborado e organizado pela autora.

No período de 54 anos, o Córrego do Facão, curso principal, passou por grandes transformações oriundas da força antropogênica. Em 1962, o comprimento total desse córrego era de 4,547 km, entretanto 0,147 km foram suprimidos para construir o Lago Municipal Fábio da Silva Prado e canalizar o Ribeirão das Furnas para a construção da Avenida Dona Renata (conhecida como Marginal), localizada em uma área brejosa. Segundo Pinarelli (2015), o Lago Municipal era um projeto idealizado pelo prefeito Milton Severino, após uma visita à cidade

mineira de São Lourenço-MG, e a construção se iniciou nos anos 1960, como forma de comemorar o centenário do município de Araras, entregando uma área de lazer para a população. Além disso, tratava-se de uma obra cujo objetivo era ligar o centro e a zona sul da cidade (área de estudo). Todas essas transformações já estavam concluídas em 1978 (Figura 57). Ainda, em 1962, havia represamentos de água realizados pela indústria Nestlé, evidenciando a atuação do homem.

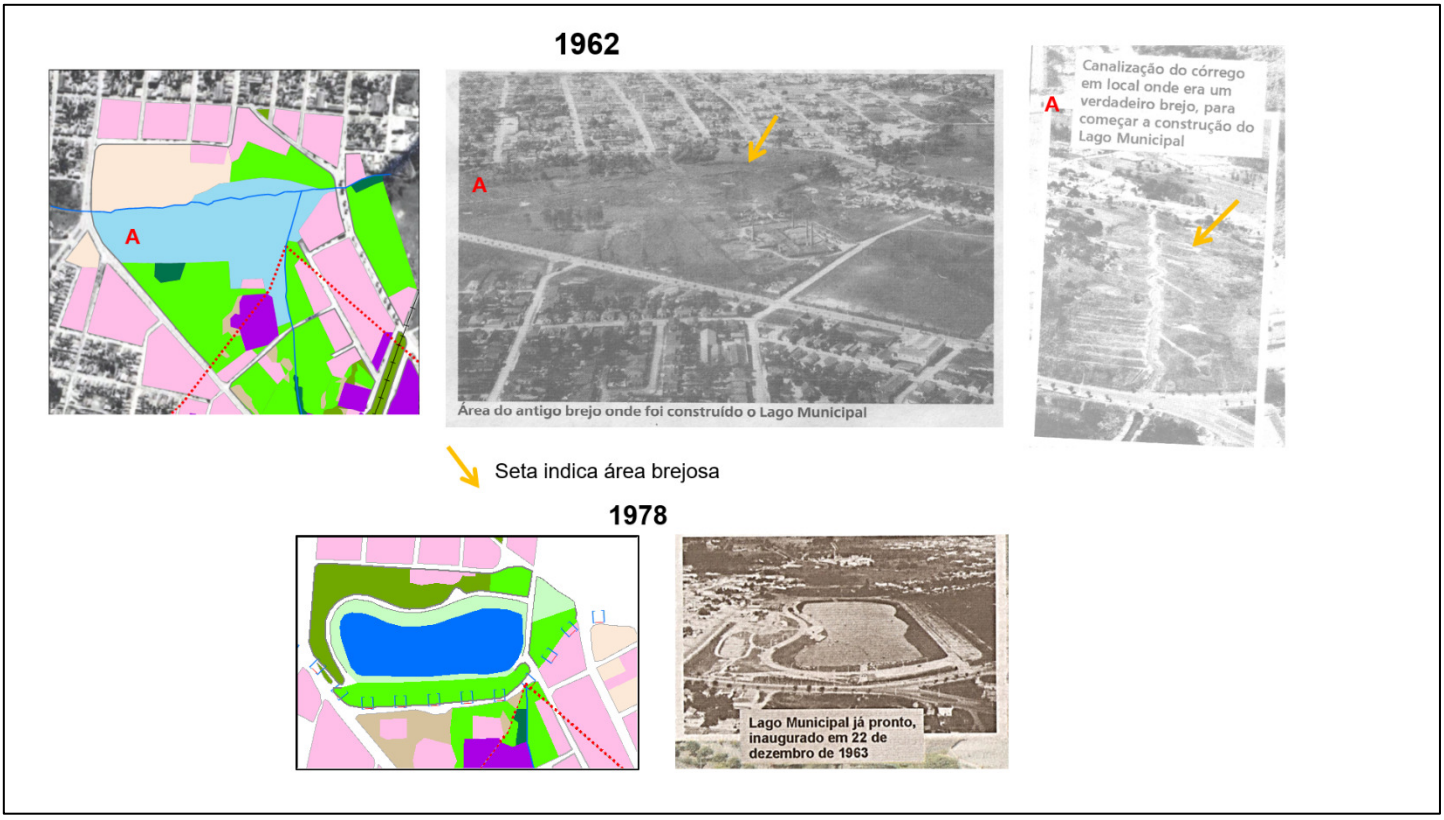


Figura 57 – Construção do Lago Municipal próximo à foz do Córrego do Facão. Fonte: cartas geomorfológicas e de uso da terra; PINARELLI, 2015. Elaborado e organizado pela autora.

No que se refere ao cenário de 1978, o córrego de 4,522 km de extensão tinha um barramento de água na indústria Nestlé. Entre 1988 (1,25 km) e 1997 (1,33 km), a canalização acresceu 0,07 km por causa da ampliação dessa indústria. Contudo, houve acréscimo da área de lagos, em função da atividade pesqueira (Figura 58). Em 2010, o comprimento da canalização permaneceu estável (1,29 km) e registraram-se vários aterros, ao longo do curso fluvial, a fim de sanar o problema das enchentes (Figura 59).

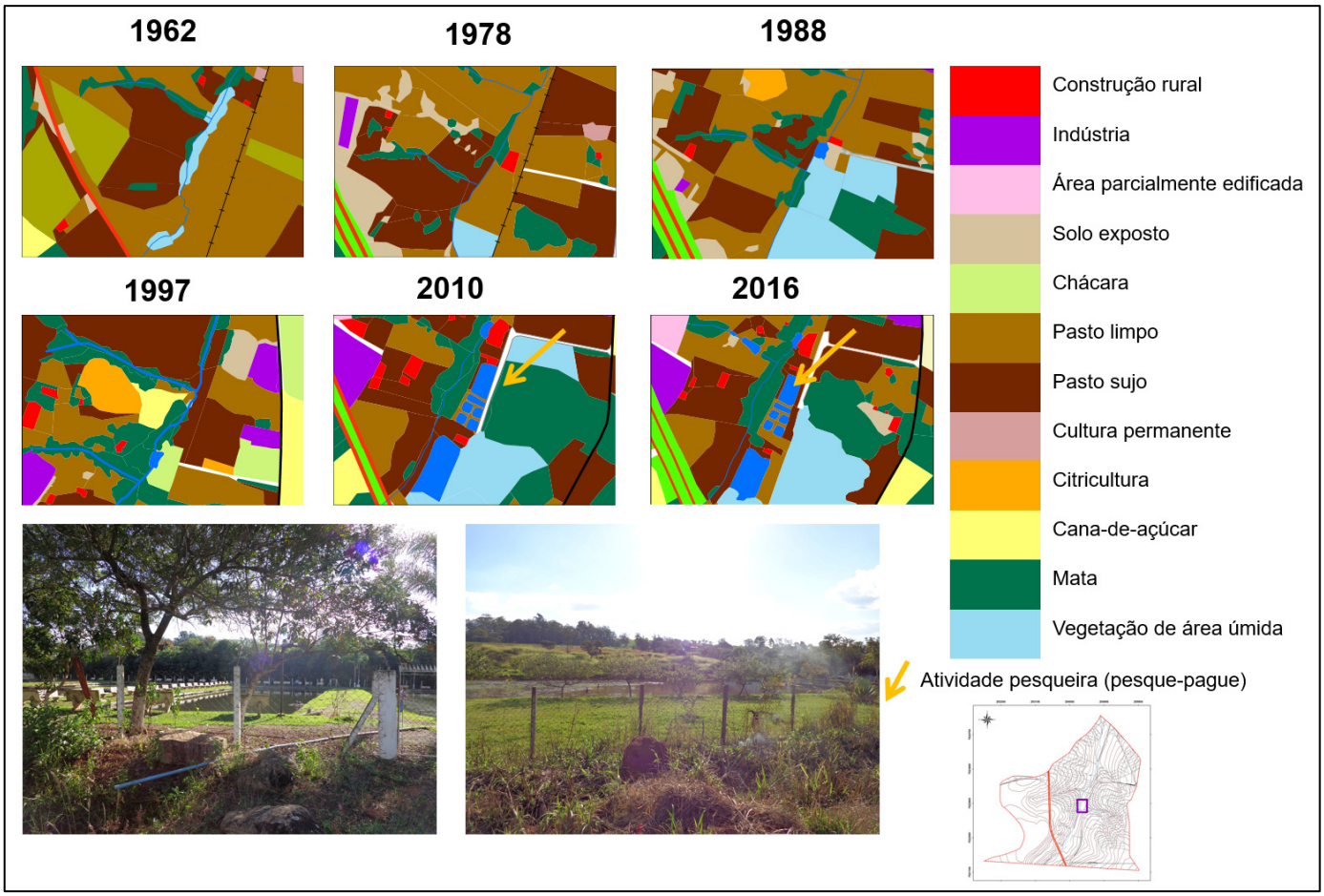


Figura 58 – Atividade pesqueira no curso principal próximo a Rodovia Anhanguera (SP – 330). Legenda: quadro 6. Fonte: cartas de uso da terra; campo 09/06/2015.



Figura 59 – Aterro próximo ao Córrego do Facão. Fonte: autora maio de 2014.

No cenário de 2016, o Córrego do Facão passou por grandes alterações hidrogeomorfológicas (Figuras 27 e 29). Segundo diversas notícias publicadas no site da

Prefeitura Municipal de Araras-SP, essas obras objetivaram aumentar o escoamento das águas pluviais advindas dos bairros Bosque de Versalles, Jardim Bela Vista, Jardim Dalla Costa, Jardim Esplanada e Jardim Planalto e do sistema de drenagem das rodovias (canais artificiais) a fim de evitar alagamentos na Vila São Jorge e na Rua Bolívia (Vila Michelin) onde fica a foz do Córrego do Facão. Essa obra também tem a função de impedir que ocorram alagamentos na Avenida Dona Renata (próximo do Colégio COC). A execução dessa obra foi com recursos do governo federal através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) tendo início em 2013 e finalização em 2014.

Vale aqui registrar que as obras de macrodrenagem urbana ocorreram em dois trechos no Córrego do Facão:

- Trecho 1 - Rua Henrique Dias até o Condomínio Arnaldo Mazon: canalização e construção de reservatórios de contenção (Figura 60);
- Trecho 2 - Avenida Ângelo Michelin e Rua Bolívia: trecho já canalizado foi alargado e recebeu placas de concreto (Figura 61).

A figura 60 A mostra o Córrego do Facão já canalizado nas proximidades da Rua Henrique Dias e da Indústria Nestlé. Outro fato que se nota na mesma figura é a grande quantidade de sedimentos advindos dos bairros que encontravam no período de construção e, também, da própria obra de macrodrenagem. Esses sedimentos podem dificultar o escoamento e potencializar as enchentes. Na figura 60 B, observa-se o alargamento das margens do rio, bem como o reservatório de retenção de águas (presença de sacos de areia) com vertedouro, cuja finalidade é controlar as águas nos dias chuvosos. Para evitar acidentes, foram instaladas grades próximas às calçadas entre os bairros Narciso Gomes e o Condomínio Arnaldo Mazon. A figura 60C mostra a execução da obra, canalização e reservatório, ao lado do condomínio, com a intenção de retardar a velocidade das águas vindas dos bairros e da rodovia. Tal obra gerou grande quantidade de sedimentos (Figura 62).



Figura 60 – Trecho 1 do processo de canalização do Córrego do Facão. Fonte: trabalhos de campo. Elaborado e organizado pela autora.

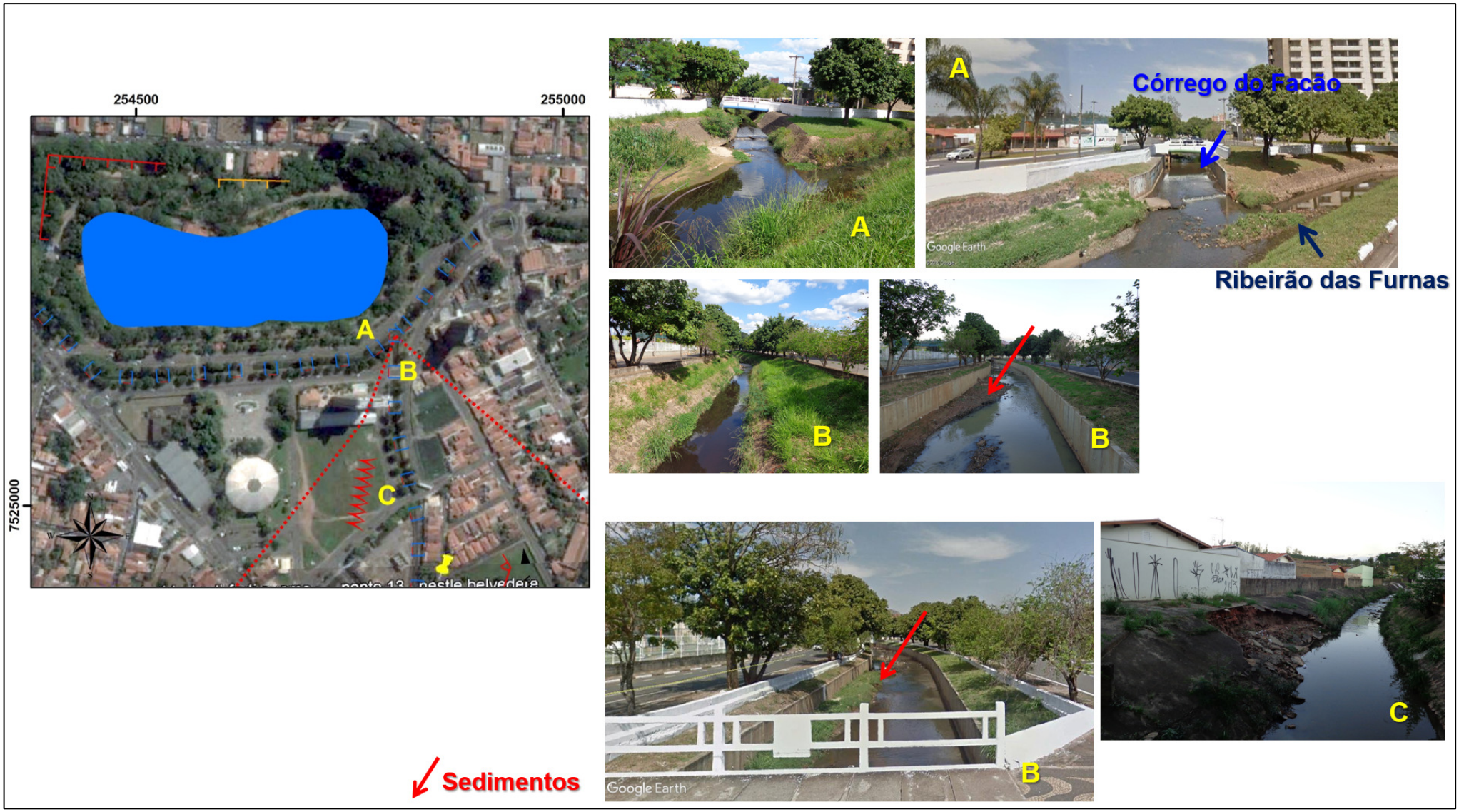


Figura 61 – Trecho 2 do processo de canalização do Córrego do Facão. Fonte: trabalhos de campo, Google Earth. Elaborado e organizado pela autora.



Figura 62 – Setas mostram sedimentos oriundos da obra de macrodrenagem próximo ao Condomínio Arnaldo Mazon. Fonte: autora, maio de 2014.

A figura 61 A mostra a confluência do Córrego do Facão com o Ribeirão das Furnas, verificada em trabalho de campo realizado no dia 26 de abril de 2014 com a canalização antiga (pedras). A figura 63 mostra essa mesma confluência passando pela obra de macrodrenagem. Nota-se, pela figura 61 B, que, nesse trecho já canalizado, as margens foram alargadas para suportar maior quantidade de água e escoar a mesma, a qual é proveniente da área urbana. Mesmo nas margens impermeabilizadas (Figura 61 C), a erosão ocorre devido à ação da água e das galerias de águas pluviais, que já não sustentam a atual quantidade de água nos dias chuvosos, tendo em vista que as mesmas foram projetadas em um momento que a urbanização tinha muitas áreas permeáveis, nos anos 1960 (Figura 22). Atualmente, o processo de urbanização aumentou, assim como as áreas impermeáveis. A figura 64 mostra erosão nas margens concretadas, em outro ponto.

O Relatório da Coordenadoria da Defesa Civil realizado de forma conjunta com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), apontou que este setor foi mapeado como uma área sujeita à inundação (Figura 65), apresentando risco médio (OPINIÃO, 2015). A carta de níveis de restrição sinalizou esse mesmo ponto, com nível fraco a moderado (Figura 31). Tal fato ocorre porque a área tem uma declividade baixa (Figura 21) e uma fragilidade física moderada, sendo necessário investir constantemente em um novo sistema de drenagem de águas pluviais para suportar a quantidade de águas em função do aumento das áreas impermeáveis provocado pelo avanço da urbanização.



Figura 63 – Obra de macrodrenagem, na confluência do Córrego do Facão com o Ribeirão das Furnas. Fonte: autora, maio de 2014.



Figura 64 – Seta indica erosão em margem impermeabilizada. Fonte: maio de 2014.



Figura 65 – Enchente na confluência do Ribeirão das Furnas com o Córrego do Facão ocorrida em dezembro de 2012. Fonte: < http://grupoopiniao.com.br/defesa-civil-mapeia-quatro-areas-de-inundacoes-e-uma-de-deslizamento-em-araras/ >.

Levando em consideração a classificação de Oliveira, Reckziegel e Robaina (2006) para as intervenções antrópicas nos cursos fluviais, constata-se que o Córrego do Facão é um canal aberto, retificado, possuindo barramentos (Figura 27).

Na área de estudo, fica visível, como a atuação do homem ao longo do tempo através de diferentes usos da terra desencadeou o aceleramento dos processos erosivos em diferentes intervalos de fragilidade física, os quais pontuaram os níveis de restrição do relevo ao uso urbano.

No que tange aos níveis de restrição do relevo ao uso urbano, os usos da terra que tiveram os maiores pesos foram pasto limpo, solo exposto, mata (ressaltando que não estão em APPs), área sem edificação, pasto sujo, cobertura herbácea e cana-de-açúcar. Em relação à fragilidade física, as classes: muito forte, forte e média obtiveram os maiores pesos. Logo, os setores da área de estudo que têm essa combinação tiveram níveis de restrição: muito alto, alto e medianamente forte. Essas áreas ficaram próximas das APPs dos cursos fluviais e do uso pasto limpo, cobertura herbácea, solo exposto, cultura anual, área sem edificação e solo exposto. O quadro 8 buscou sintetizar e mostrar essa ligação entre o uso da terra e a fragilidade física.

Nível de restrição	**Uso da terra 2016**	**Fragilidade Física**
Muito fraco	Áreas que apresentam construções (indústria, construção rural e área parcialmente edificada). Essas áreas se configuram no uso de indústrias e construções rurais.	Muito fraco a fraco
Fraco a moderado	Pasto sujo, área sem edificação, cana-de-açúcar, cultura anual e vegetação de área alagada.	Moderado
Medianamente forte, forte e muito forte	Pasto limpo, cobertura herbácea, área verde urbana, solo exposto, mata (que não se encontram em APPs), área sem edificação e área parcialmente edificada.	Muito forte e forte

Quadro 7 – Relação uso da terra 2016 x fragilidade física resultando nos níveis de restrição. Fonte: carta de fragilidade física e uso da terra 2016. Elaborado e organizado pela autora.

Logo, o poder público precisa planejar de forma adequada o parcelamento das futuras áreas que ainda serão urbanizadas, incluindo as que apresentam nível de restrição moderado,

fraco e muito fraco a fim de prevenir danos a população e prejuízos aos cofres públicos. Os trabalhos de Frazin (2018) e Thomazini (2018) são sugestões de como elaborar e proceder o parcelamento do solo.

Franzin (2018) associou os dados da carta de fragilidade ambiental com padrões de urbanização (condomínio verticais ou horizontais, ruas impermeabilizadas ou não, loteamentos abertos, arranjo dos arruamentos), resultando na carta de fragilidade ambiental associada aos padrões de urbanização. Esse tipo de documento auxilia no entendimento dos efeitos da urbanização no relevo podendo subsidiar na indicação de padrões mais adequados a partir da topografia e da fragilidade física da área. Thomazini (2018) propôs uma carta de orientação a expansão urbana para a bacia do Córrego Pau d'Alho localizada no município de Bauru-SP. A construção desta proposta fez o uso dos seguintes parâmetros: fragilidade física, dados geomorfológicos (feições erosivas), declividade, derivações ambientais e transgressão ambiental e, por fim, a lei de parcelamento urbano do município de Bauru-SP (tamanho do lote, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento), os quais ampararam na formulação das diretrizes para o mapeamento de 7 unidades aptas à urbanização. Em cada unidade o autor faz sugestão de como proceder a urbanização (qual taxa de ocupação? Qual coeficiente de aproveitamento? Qual tamanho do lote?) a partir das características físicas e da legislação (índices urbanísticos). A proposta metodológica pode ser aplicada na área de estudo.

Segundo Nir (1983, p. 13-14), as atividades antrópicas quando concentradas em espaços reduzidos, são intensas e podem provocar a aceleração ou desaceleração dos processos naturais. Tal fato foi verificado na elaboração dos produtos cartográficos e na realização de trabalhos de campo.

Logo, a força antrópica imposta no sistema geomorfológico para estabelecer os sítios urbanos alterou a paisagem e, consequentemente, o funcionamento dos processos naturais e dos processos morfodinâmicos da área, no setor sul da cidade de Araras (SP).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica do uso e ocupação da terra ao longo dos 54 anos bem como as características de declividade e dos materiais inconsolidados repercutiram na espacialização e no desenvolvimento dos processos erosivos, apontando as áreas com maior ou menor grau de fragilidade física. Essa conjunção de fatores destacados é essencial na elaboração de um planejamento urbano e ambiental para as futuras áreas do cenário de estudo, resultando no objetivo desta pesquisa, na carta-síntese de níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Esta carta pode ser utilizada como uma ferramenta para subsidiar o planejamento urbano do município. Portanto, para atingir o objetivo destacado foi preciso elaborar a carta de declividade (Figura 21), as cartas geomorfológicas e de uso e ocupação da terra nos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016 (Figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27); a carta de materiais inconsolidados (Figura 28), a carta de fragilidade física (Figura 30) e a carta de derivações ambientais e transgressão legal (Figura 29).

O setor sul da cidade de Araras-SP apresenta declividade favorável ao processo de urbanização, com predomínio da declividade de 2% |- 12% (Gráfico 3 e Figura 21), ficando dentro dos parâmetros estabelecidos pela lei federal número 6.766/1979 (Lei Lehman) e pela lei complementar municipal número 3.902/2006.

A combinação declividade e uso da terra contribuíram no desenvolvimento de sulcos erosivos, ravinas e voçoroca. Essas feições se desenvolviam nos intervalos de declividade 2% |- 5%, 5% |- 12% e 12% |- 30%, sendo esses potencializados pelo uso da terra: cana-de-açúcar, citricultura, pasto limpo, pasto sujo, cobertura herbácea, solo exposto, áreas parcialmente edificadas e áreas sem edificação.

A urbanização, nas áreas que estão passando por esse processo (estágios de urbanização), influencia no desencadeamento das feições erosivas (sulcos erosivos, ravinas e voçoroca). O arranjo das quadras/arruamentos acelera a velocidade das águas pluviais, culminando no surgimento de processos erosivos no trecho final do arruamento. Tal fato foi verificado nos bairros Jardim Marabá, Vila Dona Rosa Zurita, Vila São Jorge, Bosque de Versalles, Jardim Bella Vista e Jardim Dalla Costa (Figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27). No mapeamento geomorfológico, isto foi notado, a partir de 1978, observando-se que o processo de urbanização começou e vem ocorrendo até o cenário mais recente (2016).

O mapeamento geomorfológico auxiliou na identificação das marcas de erosão difusa, sulcos erosivos, ravinas e voçoroca, mas também nas feições antropogênicas nos anos de 1962, 1978, 1988, 1997, 2010 e 2016, permitindo vislumbrar a morfodinâmica da atuação

antropogênica. A morfologia antrópica (RODRIGUES, 2005) detectada constitui-se de aterros, cortes, rupturas topográficas antrópicas, canal fluvial retilinizado, canal fluvial canalizado, canal artificial para escoamento de águas pluviais, saída de drenagem, vertentes côncavas e convexas antrópicas, terraços agrícolas, bacias de contenção e limite dos reservatórios de retenção – "piscinão", evidenciando o sistema controlado e a instabilidade emergente do setor sul de Araras (SP). Essas alterações pontuadas também se configuraram como derivações ambientais, as quais foram utilizadas na carta de derivações ambientais e transgressão legal (Figura 29).

As informações extraídas, tanto das cartas geomorfológicas como das cartas de uso e ocupação da terra, subsidiaram o reconhecimento dos três estágios, segundo a proposta de Savini e Kammirer (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 *apud* NIR, 1983, p. 117-120), de alterações que a urbanização ocasiona no relevo sobre o qual se estabelece.

Os mapeamentos geomorfológicos e de uso da terra evidenciaram as características e as consequências dos estágios do processo de urbanização pontuados pelos autores citados. As principais características observadas foram: construção de casas, sistema de galerias de águas pluviais e pavimentação. Portanto, as consequências oriundas dessas construções para estabelecer a urbanização foram processos erosivos, terraplenagem (cortes e aterros), canalização e retificação dos cursos fluviais e construção de canais artificiais para escoamento das águas pluviais assemelhando-se às pontuações de Savini e Kammirer (1961), Wolman (1967) e McPherson (1969 *apud* NIR, 1983, p. 117-120) para a área estudada.

Entretanto, salienta-se que os estágios de urbanização não aconteceram de forma homogênea, ou seja, cada cenário tinha um período bem definido (Figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27). Na área estudada, no mesmo ano, ocorreriam ao mesmo tempo os três estágios. Registraram-se áreas que estavam no período suburbano ou pré-urbano, enquanto outras já estavam em período de construção ou, ainda, no período de urbanização consolidada.

Os sulcos erosivos, as ravinas e a voçoroca foram utilizados como um indicador da fragilidade da área estudada, tanto na área urbana quanto rural. De uma maneira geral, essas feições se desenvolveram, ao longo dos 54 anos, nas classes de fragilidade física muito forte, forte e fraca. Tais classes coincidem com os intervalos de declividade 2%|- 5%, 5% |- 12% e 12% |- 30, onde havia o uso pasto sujo, pasto limpo, cultivo de cana-de-açúcar, cultura anual, cobertura herbácea, área sem edificação e solo exposto. Constatou-se que o uso da terra foi o fator principal para o surgimento dos processos nas classes de declividade inferiores.

A fragilidade física e o uso e ocupação da terra do ano de 2016, juntamente com o mapeamento das feições erosivas durante 54 anos e a inserção das leis restritivas (Figura 29),

permitiram propor os níveis de restrição do relevo ao uso urbano, objetivo desta pesquisa. Os níveis de restrição mais altos (muito forte, forte e medianamente forte) correspondem as áreas de vegetação próximas dos cursos fluviais, no final dos arruamentos impermeabilizados (processos denudativos acelerados) e no uso da terra onde ocorre o pasto limpo, cana-de-açúcar (falta de manejo correto ou emprego mal adequado dos terraços agrícolas) e a área sem edificação. Os níveis de restrição muito forte, forte e medianamente forte estão ligados com classes de fragilidade física muito forte e forte (Quadro 8) e de declividade (5% |- 12%, 12% |- 30%, 30% |- 45%).

Mesmo nos setores onde a restrição é moderada a fraca, é necessário fazer um planejamento urbano considerando as características físicas desses terrenos. O sistema de águas pluviais e a organização das quadras devem ser pensados de forma coerente, considerando as características do relevo com o propósito de impedir os alagamentos e a intensificação dos processos erosivos. Esse nível de restrição aconteceu sobre fragilidade física moderada e em usos da terra como cobertura herbácea, cultural anual, vegetação de área úmida e área sem edificação assentados em terrenos com declividade variada (2% |- 5%, 5% |- 12% e 12% |- 30).

Os níveis de restrição mais baixo (muito fraco e fraco) foram registrados em usos da terra, tais como indústrias e construções rurais, denotando uma fragilidade física muito fraca e fraca, ou seja, são áreas que apresentaram construções ao longo do período analisado (54 anos). Este tipo de uso da terra impede o desenvolvimento dos processos erosivos na superfície. Merece destacar que, nesta classificação, uma área de silvicultura próxima a uma indústria (margem direita do Córrego do Facão) foi mapeada como fraca, evidenciando uma limitação na fotointerpretação, pois não houve identificação de processos erosivos.

A importância da rodovia Anhanguera (SP-330/BR-050) bem como a sua localização atraem o processo de urbanização diversificado (indústrias, comércio, residências). Todavia, nas proximidades e ao longo desta rodovia registraram-se classes de fragilidade física diversificadas (muito fraca, fraca, média e forte). Essa variação decorre em função da declividade, dos materiais inconsolidados e das feições erosivas mapeadas em diferentes usos da terra, em 54 anos, causando danos a esta área. Portanto, o planejamento desta área deve estar relacionado com os níveis de restrição do relevo ao uso urbano para evitar prejuízos maiores tanto para a população como para o município.

As adaptações de Silveira (2013) para a proposta de Ross (1994), juntamente com a ideia de Zanatta (2018) para estabelecer os pesos para variáveis (declividade, material inconsolidado, fragilidade física e uso da terra), fazendo o uso das feições erosivas, atenderam aos objetivos para construir as cartas de fragilidade física e, posteriormente, a carta de níveis

de restrição do relevo ao uso urbano. Os procedimentos metodológicos empregados atenderam aos objetivos da pesquisa, assim como as mesmas podem subsidiar o planejamento urbano e ambiental e ser utilizadas pelo público municipal. As técnicas cartográficas automáticas e semiautomáticas aplicadas nesta pesquisa permitiram a sua execução, gerando otimização de tempo. Ademais, os procedimentos cartográficos propostos são de fácil aplicabilidade, permitindo que outros trabalhos executem os mesmos, propondo melhorias nos processos cartográficos.

Analisar a influência dos materiais inconsolidados, sugestão de Silveira (2013), foi importante para averiguar se os mesmos são ou não susceptíveis aos processos erosivos. A verificação das características físicas dos materiais inconsolidados foi realizada por meio de análises granulométricas e de permeabilidade. As amostras (pontos 6, 9, 12 e 14) que possuíam grãos pequenos obtiveram baixa permeabilidade. Nesse sentido, é interessante salientar que no procedimento de permeabilidade, principalmente na etapa de compactação, pode ter ocorrido agregação das partículas e, assim, ter contribuído na redução dos vazios entre os grãos, resultando em baixa permeabilidade. Vale destacar que as substâncias que compõem o solo também contribuem na permeabilidade. Isto foi notado no ponto 33 (materiais derivados dos derrames de Basalto) alta permeabilidade e boa resistência à erosão (RODARTE, 2015), sendo utilizado pela agricultura (no caso da área de estudo – cultivo de cana-de-açúcar). Logo, a composição química dos solos também deve ser examinada em pesquisas futuras a fim de compreender melhor a questão permeabilidade. A utilização de experimentos de campo (infiltômetro, por exemplo) também pode ser outra forma para entender a problemática da permeabilidade ou até mesmo para efeito de comparação, para se constatar qual é o melhor procedimento e qual está mais próximo do funcionamento natural, ou seja, da realidade. Cabe lembrar que os materiais da área apresentam influência antrópica, sobretudo nos pontos coletados na área urbana, podendo gerar interferências nas amostras (granulometria e permeabilidade).

Constata-se que o desenvolvimento das feições erosivas está interligado à ação antrópica efetuado por meio do uso da terra e da organização dos arruamentos, demonstrando a capacidade da força antropogênica em acelerar e/ou inibir os processos erosivos. Nesse sentido, seria interessante contar com uma legislação que propusesse um arranjo adequado com a finalidade de diminuir os processos denudativos.

Planejar o uso da terra no setor da baixa bacia do Córrego do Facão é fundamental para evitar problemas de abastecimento de água no município. Caso isto não seja feito, pode-se ter repercussão nas áreas de preservação permanente (APPs) dos cursos fluviais.

O aumento das áreas permeáveis (lotes, áreas verdes urbanas, calçadas, por exemplo) é relevante na zona urbana, pois seria uma maneira de aumentar a infiltração e diminuir a velocidade das águas pluviais, retardando a sua chegada aos cursos fluviais e diminuindo a possibilidade de enchentes.

O emprego de terraços agrícolas não conseguiu inibir o aparecimento de feições erosivas, demonstrando que esta técnica deve ser executada de forma adequada para que o resultado não se dê ao contrário. Os processos erosivos surgiram em classes de declividade baixa, portanto é importante fazer um planejamento entre uso da terra e declividade e empregar técnicas de conservação para evitá-los tanto na parte urbana quanto na rural.

A carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano assinalou restrição muito forte, forte e medianamente forte ao redor das APPs nos bairros Jardim Bella Vista, Jardim Dalla Costa, Jardim Flamboyant, Jardim Bosque dos Ipês e Jardim Maria Rosa, reforçando a sua importância na contenção do desenvolvimento dos processos erosivos e do emprego da legislação.

Espera-se que este trabalho possa estimular estudos mais avançados nesta temática, tais como introdução de taxas de ocupação e coeficiente de aproveitamento de lotes, possibilitando propor padrões urbanos adequados, que levem em consideração as características físicas do terreno a ser urbanizado. Isto poderá auxiliar no planejamento urbano adequado e na proposição de leis baseada nas características físicas do terreno, principalmente em áreas de expansão urbana, evitando desastres e prejuízos aos cofres públicos.

7 REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, A. N. Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácia da bacia do Paraná. **Boletim do Instituto Geografia** (USP). São Paulo-SP, n. 15, p.1-15, 1969.

ALMEIDA, F.F.M.de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: USP – Instituto de Geografia, 1974 (Série teses e monografias, 14).

ARARAS. **Dados. (2018)**. Disponível em: <http://www.araras.sp.gov.br/dados/> Acesso em: 23 jun. 2018.

ARARAS. Lei Complementar nº 3.901 de 06 de outubro de 2006. Dispõe sobre o plano diretor do município de Araras, suas normas disciplinadoras e dá outras providências. **Serviço de Comunicações da Prefeitura Municipal de Araras**. Araras, SP, 2006.

ARARAS. Lei Complementar Municipal nº 3.902 de 06 de outubro de 2006. Dispõe sobre o parcelamento do solo e urbanização especial do município de Araras, suas normas disciplinadoras e dá outras providências. **Serviço de Comunicações da Prefeitura Municipal de Araras**. Araras, SP, 2006. Disponível em: < http://www.araras.sp.gov.br/servicos_ao_cidadao/legislacao/arquivos/PLANO_DIRETOR/Parcelamento_de_Solo/Lei_Complementar_3902_2006.pdf> Acesso em: 01 mai. 2015.

ARARAS. Lei Complementar Municipal n° 3.903 de 06/10/2006. Dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do solo do município de Araras, suas normas disciplinadoras e dá outras providências. **Serviço de Comunicações da Prefeitura Municipal de Araras**. Araras, SP, 06 de out. 2006. Disponível em: < http://www.araras.sp.gov.br/servicos_ao_cidadao/legislacao/arquivos/PLANO_DIRETOR/Uso_e_Ocupa%C3%A7%C3%A3o_de_Solo/Lei_Complementar_3903_2006.pdf> Acesso em: 01 mai. 2015.

ASSINE, M.L.; ZACHARIAS, A.A.; PERINOTTO, J.A.J. Paleocorrentes, paleografia e sequências deposicionais da Formação Tatuí, centro – leste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n1, p. 33 – 40, 2003. Disponível em: < http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9885 > Acesso em: 08 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6457**. Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro-RJ, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181**. Análise granulométrica de solos. Rio de Janeiro-RJ, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14545**. Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro-RJ, 2000.

BERNARDELLI, V.C. **Análise das alterações geomorfológicas provocadas pela urbanização: o caso da bacia hidrográfica do córrego do Facão em Araras (SP)**. 2016. 129f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro-SP, 2016.

BOTELHO, R.G.M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In GUERRA, A.J.T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S.da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (orgs.). **Reflexões sobre Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 153 – 192.

BRASIL. Lei Federal n° 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. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil].** Brasília, DF. 28 de maio.. 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm > Acesso em: 27 mar. 2014.

BRASIL. Lei Federal nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. Altera a lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 18 out. 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm > Acesso em: 12 fev. 2015

BRASIL. Lei Federal n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil],** Brasília, DF, 20 de dez. 1979. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm > Acesso: 27/03/2014.

CASETTI, V. **Ambiente e Apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CENTROS DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA (CEPAGRI). **Clima dos municípios paulistas**. 2018. Disponível em: < https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_038.html > Acesso em: 07 jul. 2018.

CERON, A.; DINIZ, J.A. O uso de fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro, v. 28, n.02, p. 161 – 172, Jun.1966.

CHORLEY, R. J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas. **Notícias Geomorfológicas**. Campinas, v. 11, n. 21. 1971

CHRISTOFOLETTI, A. **Aspectos geográficos da cidade de Araras (SP)**. Boletim Paranaense de Geografia. Paraná, nºs 8 e 9, p. 51 – 61, 1963.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia – Introdução**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher LTDA, 1ª ed, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, 473p. (11ª ed.)

CORRÊA, E.A. **Perdas de solo e índices de vegetação: proposta metodológica para a determinação do fator C (MEUPS) me pastagens e cana-de-açúcar**. 2016. 187 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

CORRÊA, E.A.; MOARES, I.C.; LUPINACCI, C.M.; PINTO, S.A.F. Influência do cultivo de cana-de-açúcar nas perdas de solo por erosão hídrica em cambissolos no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geomorfologia (online)**. São Paulo, v.19, nº2, p. 231-243, 2018. Disponível em: < >

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f.:il. + mapas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH, USP, São Paulo, n.6, 1992.

DREW, D. **Processos Interativos Homem – Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 9ªed., 220p.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA) **Aglomeração Urbana de Piracicaba.** [2018]. Disponível em: < https://www.emplasa.sp.gov.br/AUP> Acesso em: 23 jun. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA.) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. 2006.

FERREIRA, S.R.; CHANG, M.R.C. Datação das formações Rio Claro e Piraçununga por termoluminescência. Rem: **Revista Escola de Minas**. Escola de Minas, v. 61, n. 2, p. 129-134, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/30049 >.

FITZ, P.R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. In _____. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 97 – 138. (3ª reimpressão)

FRANZIN, M.E**. Avaliação da fragilidade e dos efeitos da urbanização sobre o relevo no setor oeste da cidade de Rio Claro (SP)**. 2018 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituo de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, 2017.

FUJIMOTO, N.S.V.M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n.16, p.76 – 80, out. 2005

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (FUNDAÇÃO SEADE). **Perfil dos municípios paulistas SEADE**. Disponível em: < http://www.perfil.seade.gov.br/?# > Acesso em: 06 jul. 2018.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Disponível em: < https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/desktop/ > Acesso em: 27 ago. 2018.

GOUDIE, A. **The human impact: man's role in environmental change**. Oxford: Basil Blackwell Publisher Limited, 1981.

_____. Anthropogeomorphology. In _____. **Encyclopedia of Geomorphology.** Volume 1. Londres e Nova York: Routledge, 2004, p. 25 – 28.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A.C. A new symbol – and – GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. **Geomorphology**, v. 77, 2006, p. 90 – 111.

HAFF, P.K. Neogeomorphology, Predction and the Anthropic Landscape. **Division of Earth and Ocean Sciences**. Durham, NC 27708.

HARNISCHMACHER, S. Antrhopogenic impacts in the Ruhr District (Germany): a contribution to anthropogemorphology in a former mining region. **Geography Fis. Dinam. Quat.**, v 30, p. 185 – 192, 2007.

HOOKE, R. On the history of humans as geomorphic agents. **Geology**, v. 28, n.9, p. 843 – 846, setembro, 2000.

INSITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf > Acesso em: 30 abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Conheça Cidades e Estados do Brasil (Brasil em síntese)**. Araras: História e Fotos Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araras/historico > Acesso em: 06 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades @.** [2015]. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=350330&search=|infogr%E1ficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio > Acesso em: 04 fev. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Vol. 1. São Paulo: IPT, 1981a. 94 p.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do estado de São Paulo**. Vol. 1. São Paulo: IPT, 1981b. 125 p.

JORGE, M.C.O. Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e teorias. In GUERRA, A.J.T (org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 117-145.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 2ª ed.

LI, J.; YANG, L.; PU, R.; LIU, Y. A review on anthropogenic geomorphology. **Journal of Geographical Sciences**. v 27, p. 109 – 128.

MARINHO, V.L.F. **Estudo Ambiental na Bacia do Ribeirão das Furnas/Araras (SP)**. 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Rio Claro, 1999.

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos.** 2ªed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005. 210

MASSOLI, M. Geologia da Folha de Piraçununga, SP. **Revista do Instituto Geológico**. v.4, n 1 – 2, p. 25 – 51, jan/dez, 1983. Disponível em: < http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8762/8029 > Acesso em: 08 jul. 2018.

MATTHIESEN, A, J. **Araras: Tempo e Memória**. Araras: Topázio, 2003.

MCLAUGHTIN, M**. Conversão de unidades de ângulos**. Disponível em: < https://jumk.de/calc/angulo-pt.shtml > Acesso em: 25 mai. 2018.

MELO, M.S. **A Formação Rio Claro e Depósitos associados: Sedimentação Neocenozóica na Depressão Periférica Paulista.** 1995. 164f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MENDES, A.C.P. **Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro (SP): subsídios ao planejamento urbano.** 2015. 178f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 215.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo – estudo geográfico sob forma de atlas.** São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1973. 129 p.

MOROZ, I.C.; CANIL, K.; ROSS, J.L.S. Problemas Ambientais nas Áreas de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, n.7, p.35-48, 1994.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: An Introduction to Anthropic Geomorphology**. Jerusalém: KeterPublishingHouse, 1983.

NUNES, J.O.R. et al. A influência dos métodos científicos na geografia física. **Revista Terra Live**, Presidente Prudente (SP), v. 2, n. 27, p. 121 – 132, 2006. Disponível em: < https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/issue/view/42 > Acesso em: 05 mai 2018.

OLIVEIRA, E.L.A; RECKZIEGEL, B.W.; ROBAINA, L.E.S. Modificações na morfologia dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Sanra Maria/RS. **Revista RA'EGA – O espaço geográfico em análise**. Curitiba, n.11, p. 103 – 113, 2006. Disponível em: < https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/7752 > Acesso em: 26 ago. 2018.

OPINIÃO JORNAL. Defesa Civil mapeia quatro áreas de inundações e uma de deslizamento em Araras. 2015. Disponível em: < http://grupoopiniao.com.br/defesa-civil-mapeia-quatro-areas-de-inundacoes-e-uma-de-deslizamento-em-araras/> Acesso em: 15 ago. 2019.

PASCHOAL, L.G. **Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão de Santa Gertrudes/SP**. 2010. 105f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2010.

PASCHOAL, L.G.; CONCEIÇÃO, F.T.; CUNHA, C.M.L. Utilização do Arcgis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. In Simpósio Nacional de Geomorfologia, 8, 10, Recife, **Anais...** Simpósio de Geomorfologia, Recife: UGB, 2010, p. 1 – 13.

PELLOGIA, A.U.G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n.16, p.24 – 31, out. 2005.

PENTEADO, T. **Entregue em julho, chuva destrói obra para conter erosão**. 2016. Jornal Tribuna do Povo. Disponível em: < http://www.tribunadopovo.com.br/entregue-em-julho-chuva-destroi-obra-para-conter- > Acesso em: 26 ago. 2018.

PENTEADO, T. **Obra entregue há seis meses é destruída pelas chuvas**. 2017a. Jornal Tribuna do Povo. Disponível em: < http://www.tribunadopovo.com.br/obra-entregue-ha-seis-meses-e-destruida-pelas-chuvas/ > Acesso em 26 ago. 2018.

PENTEADO, T. **Araras não tem lei que obriga piscinões em loteamentos**. 2017b. Jornal Tribuna do Povo. Disponível em: < http://www.tribunadopovo.com.br/araras-nao-tem-lei-que-obriga-piscinoes-em-loteamentos/ > Acesso em 26 ago. 2018.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINE, M. F. **Patrimônios Naturais e História Geológica da Região de Rio Claro-SP**. Rio Claro: Arquivo Público e Histórico do Município de Rio Claro, 2008. v. 1

PINARELLI, R. **Cartão Postal de Araras há 50 anos**. Tribuna do Povo (Tribuna especial – Lago Municipal 50 anos), Araras, 21 dez. 2013.

PINARELLI, R. **Festa de inauguração em grande estilo**. Tribuna do Povo (Tribuna especial – Lago Municipal 50 anos), Araras, 21 dez. 2013.

PIQUET, R.P.S.; RIBEIRO, A.C.T. Tempos, Ideias e Lugares. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v.10, n.1, p. 49 – 59. Disponível em: < http://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/191/175 > Acesso em: 26 ago. 2018

PITTON, S.E.C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas.**1997. 272 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RODARTE, F.A. **Carta de compartimentação fisiográfica na escala 1:50.000 a partir da análise integrada na bacia do Ribeirão das Araras (SP)**. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2015.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, v. 17, dez. 2005, p.101-111.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, v 20, 2010, p. 111 – 125.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.S. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.10, 1996, p. 41 – 58. Disponível em: < https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53703/57666 > Acesso em: 08 jul. 2018.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n. 8, p. 63 – 74, 1994.

ROZSA, P. Attempts at qualitative and quantitative assessment of human impact on the landscape. **Geogr. Fis. Dinam. Quat**. Itália, n. 30, 2007, p. 233 – 238.

SÁNCHEZ, M.C. A propósito das cartas de declividade. SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, 1993. **Anais...** São Paulo, FFLCH, n. 5, p. 311 – 314, 1993.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira** 5 ed.. São Paulo: EDUSP, 2009

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Coordenadoria de Ação Regional – Divisão de Geografia. **Plano Cartográfico do estado de São Paulo**. Aerofoto TerraFoto SA Atividades de Aerolevantamentos. São Paulo, 1979. 4 mapas. Escala 1:10.000.

SÃO PAULO. Convênio EMBRAPA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Instituto Agronômico. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**. Aerofoto Cruzeiro S.A.: Rio de Janeiro, 1987b. 1 mapa, color. Escala 1:100.000.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. **Formações Geológicas de Superfície**. Aerofoto Cruzeiro S.A.: Rio de Janeiro, 1987a. 1 mapa, color. Escala 1:50.000

SCORPIO, V.; AUCELLI, P.P.C.; SALVATORE, I.G.; PISANO, L.; ROBUSTELLI, G.; ROSSKOPF, C.M.; SCHIATTARELLA, M. River channel adjustments in Southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery. **Geomorphology**. v 251, p. 77 – 90, 2015.

SILVEIRA, A. **Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica.** 2009. 179f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2009.

SILVEIRA, A. **Proposta metodológica para avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano.** 2013. 183 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2013.

SIMON, **A.L.H. A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS)**. 2007. 185f. Dissertação (mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2007.

SIMON, A.L.H. **Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do rio Piracicaba – SP: contribuições à geomorfologia antropogênica**. 2010. 160 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2010.

SOUZA, T.A.; OLIVEIRA, R.C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte,** Manaus, Edição Especial, n.4, v.2, p. 1348 – 1355, jun. 2012.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**. v 255, p. 140 – 161, 2016.

THOMAZINI, L. da S**. Proposta metodológica de orientação à expansão urbana sob o viés geomorfológico: o caso da bacia do córrego Pau d'Alho, Bauru (SP)**. 2018 158f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituo de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, 2017.

TRICART, J. **Príncipes et methods de la geomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE – SUPREN, 1977. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf > Acesso em: 03 jun. 2018.

TRIMBLE, S.W. Historical hydrographic and hydrologic changes in the San Diego creek watershed, Newport Bay, California. **Journal of Historical Geography**, v. 29, n 3, p. 422 – 444, 2003.

VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAN, R.A. van. **ITC System of Geomorphological survey**. In VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAN, R.A. van. ITC Textbook of Photo-Interpretation. Enschede: International
Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1975.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar - Araras). **História CCA**. Disponível em: < https://www.cca.ufscar.br/historia-2/ > Acesso em: 09 jul. 2018.

UNITED NATIONS (New York). Department of Economic and Social Affairs. Population Division (2015). **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision (ST/ESA/SER.A/366)**. Disponível em: < https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf > Acesso em: 29 abr. 2018.

UNITED NATIONS (New York). Department of Economic and Social Affairs. Population Division (2015). **Monitoring Global Population Trends (Quick Navigation)**. Disponível em: < https://esa.un.org/unpd/wup/ > Acesso em: 29 abr. 2018.

ZANATTA, F.A.S. **Limitação física em área rural degradada: busca metodológica para definir o uso adequado das terras**. 2018. 168f. Tese (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2018.

ZANATTA, F. A. S. **Diagnóstico visando planejamento ambiental da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).** 2014. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2014

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. Engineering geological zoning mapping of the Ribeirão Preto city (Brazil) at 1:25:000 scale. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7, Lisboa, 1994. **Proceedings**…, 1994.

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

8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ROSS, J.L.S. Análises e Sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, n.9, 1995, p. 65 – 75.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 9ª ed. São Paulo: Contexto, 2012. (Coleção Repensando a Geografia)

THOMAZINI, L. da S. **Análise da fragilidade Ambiental em área urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego do Castelo, Bauru (SP).** 2013 143f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013.

ANEXOS

Anexo I – Análise Granulométrica

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 1	Alta vertente	110 cm	33 cm	77 cm	78,654%	18,437%	60,217%	4,396%	16,950%	Argila pesada	Uso da terra: rural (cultivo de cana-de-açúcar); mudança na posição: coletado com trado holandês nas proximidades da rodovia Carlos P. da Silva Telles
Ponto 2	Média vertente	102 cm	20 cm	82 cm.	26,847%	5,791%	21,056%	23,103%	50,050%	Argila siltosa	Uso da terra: área sem edificação (área de expansão urbana - Jardim Planalto); coleta difícil principalmente com apresentava umidade.
Ponto 3	Baixa vertente	87 cm	28 cm	59 cm	73,420%	28,680%	44,740%	7,330%	19,250%	Franco arenoso	Uso da terra: parte urbana - localizado em um terreno com grama e pequenas árvores na Chácara Santa Rosa (Jardim Santa Maria); mudança na posição, pois na definição estava em propriedade particular. Amostra com raízes da grama.
Ponto 4	Média vertente	85 cm	28 cm	57 cm	24,076%	5,501%	18,575%	12,724%	63,200%	Argila	Uso da terra: área de transição urbano x rural - plantação de soja, próximo ao bairro planalto. No dia da coleta, a terra estava úmida (choveu na madrugada), dificultando a coleta.

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 5	Baixa vertente	60 cm	27 cm	33 cm	65,694%	25,470%	40,224%	12,556%	21,750%	Franco	Uso da terra: próximo ao pesqueiro. Ao redor do ponto coletado, notou-se vegetação de taboa. Durante a coleta, observou pedregulhos, evidenciando que área tinha passado por alterações antropogênicas. Mudança na posição, pois na definição o mesmo estava em propriedade particular.
Ponto 6	Alta vertente	78 cm	28 cm	50 cm	45,913%	4,287%	41,626%	26,687%	27,400%	Franco	Uso da terra: área sem ediciação (área de expansão urbana - Jardim Bosque dos Ipês); nas primeiras coletas o solo era escuro e macio (material orgânico) e, depois, ficou argiloso.
Ponto 7	Média vertente	70 cm	32 cm	38 cm	70,513%	33,895%	36,618%	8,087%	21,400%	Franco argilo arenoso	Uso da terra: área parcialmente edificada (terreno vazio - prefeitura). Durante a coleta, observou pedrugulhos, pequenos restos de tijolos, evidenciando que a área passou por alterações antrópicas. Antes de coletar limpamos para tirar grama e pedregulhos.
Ponto 8	Média vertente	105 cm	30 cm	75 cm	79,440%	32,166%	47,274%	6,860%	13,700%	Franco arenoso	Uso da terra: área sem edificação (Jardim Bosque dos Ipês) - proximidades com o rio. As primeiras coletas veio com raízes e alguns pedregulhos.
Ponto 9	Baixa vertente	75 cm	38 cm	37 cm	77,475%	17,661%	59,814%	6,525%	16,000%	Franco arenoso	Uso da terra: área verde urbana localizado no bairro Jardim Copacabana.
Ponto 10	Média vertente	76 cm	33 cm	43 cm	81,612%	23,778%	57,834%	0,838%	17,550%	Franco arenoso	Uso da terra: área sem edificação (terreno da prefeitura). Durante a coleta, observou-se que a textura era bem arenosa.

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 11	Baixa vertente	74 cm	30 cm	44 cm	65,187%	17,554%	47,633%	8,063%	26,750%	Franco argilo arenoso	Uso da terra: área verde urbana (zona urbana). Mudança na posição do ponto, pois no campo constatou-se que o mesmo encontrava-se em propriedade particular.
Ponto 12	Baixa vertente	61 cm	30 cm	31 cm	54,443%	8,002%	46,441%	25,257%	20,300%	Franco	Uso da terra: área sem edificação (terreno particular). Neste terreno havia uma pequena plantação de bananas e pouco de material de construção. Mudança na posição do ponto, pois no campo notou-se que estava em propriedade particular.
Ponto 13	Alta vertente	88 cm	20 cm	68 cm	76,709%	31,860%	44,849%	5,841%	17,450%	Franco arenoso	Uso da terra: área verde urbana (praça - Jardim Belvedere). Na coleta, verificou-se a presença de raízes das gramíneas.
Ponto 14	Baixa vertente	72 cm	33 cm	39 cm	75,288%	11,253%	64,035%	9,462%	15,250%	Franco arenoso	Uso da terra: pastagem (pequena chácara dentro do perímetro urbano que cria algumas vacas). Na coleta, observou-se a presença de raízes da pastagem e erosão (ravinas).
Ponto 15	Alta vertente	66 cm	25 cm	41 cm	33,639%	3,432%	30,207%	30,061%	36,300%	Franco argiloso siltoso	Uso da terra: área verde urbana (praça - Parque Industrial). Mudança na posição do ponto, pois o mesmo estava em prorpriedade particular.

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 16	Baixa vertente	76 cm	35 cm	41 cm	71,642%	18,067%	53,575%	7,958%	20,400%	Franco arenoso	Uso da terra: área de pastagem (pequena chácara que cria algumas vacas e alguns cavalos). Neste ponto de coleta, constatou-se processos erosivos desencadeados pela disposição dos arruamentos impermebilizados.
Ponto 17	Alta vertente	111 cm	30 cm	81 cm	49,267%	11,321%	37,946%	15,183%	35,550%	Franco argiloso	Uso da terra: área sem edificação. Na coleta, tinha alguns pedregulhos e a amostra estava úmida, dificultando a coleta.
Ponto 18	Baixa vertente	120 cm	30 cm	90 cm	51,162%	19,551%	31,611%	11,538%	37,300%	Argila arenosa	Uso da terra: gramíneas (atrás das casas do bairro Vila Dona Rosa Zurita). Coleta complicada, pois o solo estava úmido.
Ponto 19	Média vertente	90 cm	30 cm	60 cm	30,002%	9,432%	20,570%	12,398%	57,600%	Argila	Uso da terra: plantação (soja) próximo à Rodovia Wilson Finardi (SP-191) e a pequenos sítios - zona rural. No dia da coleta, observou-se cascalhos e a terra estava úmida (choveu na madrugada), difilcultando o trabalho.
Ponto 20	Alta vertente	45 cm	25 cm	20 cm	33,572%	10,262%	23,310%	8,978%	57,450%	Argila	Uso da terra: plantação de soja (zona rural). Coleta realizada com o trado tipo concha.
Ponto 21	Média vertente	67 cm	23 cm	44 cm	61,823%	20,873%	40,950%	10,667%	27,510%	Franco argilo arenosa	Uso da terra: área verde no bairro Narciso Gomes próximo à rodovia Anhanguera

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 22	Baixa vertente	82 cm	30 cm	52 cm	41,972%	12,721%	29,251%	10,478%	47,550%	Argila	Uso da terra: área verde urbana localizado no bairro Narciso Gomes.
Ponto 23	Média vertente	45 cm	28 cm	17 cm	28,265%	9,378%	18,887%	9,085%	62,650%	Argila pesada	Uso da terra: parte rural - plantação de soja. A coleta foi coletada com o trado de concha.
Ponto 24	Média vertente	102 cm	30 cm	72 cm	34,617%	0,585%	34,032%	22,033%	43,350%	Argila	Uso da terra: transição rural e urbano (pastagem). O ponto de coleta se localiza próximo à Rodovia Anhanguera.
Ponto 25	Baixa vertente	110 cm	30 cm	80 cm	62,155%	13,439%	48,716%	12,245%	25,600%	Franco argilo arenosa	Uso da terra: pastagem (transição rural e urbano) - próximo ao Condomínio Arnaldo Mazon.
Ponto 26	Baixa vertente	100 cm	36 cm	64 cm	34,584%	9,169%	25,415%	26,216%	39,200%	Franco argilo siltosa	Uso da terra: pastagem (próximo de um haras). No ponto de coleta, encontrou-se entulho (provavelmente da construção do haras) e a coletagem foi complicada, pois o solo estava úmido (choveu na madrugada) .
Ponto 27	Baixa vertente	110 cm	30 cm	80 cm	57,454%	3,650%	53,804%	11,546%	31,000%	Franco argilo arenosa	Uso da terra: chácara (próximo a Rodovia Anhanguera). A localização do ponto passou, pois o mesmo encontrava-se em propriedade particular. Na coleta, constatou-se presença de pedregulhos, pedaços de tijolos, evidenciando que aquele ponto sofreu interferência antrópica.

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 28	Alta vertente	170 cm	30 cm	140 cm	35,419%	14,376%	21,043%	8,981%	55,600%	Argila	Uso da terra: cultura anual de feijão/milho que fica debaixo da linha de transmissão (próximo ao cultivo de cana-de-açúcar). Coleta complicada, pois o solo estava úmido.
Ponto 29	Baixa vertente	115 cm	35 cm	80 cm	18,674%	3,313%	15,361%	18,776%	62,550%	Argila pesada	Uso da terra: cultural anual de feijão/milho que fica debaixo da linha de transmissão de energia elétrica (próximo ao cultivo de cana-de-açúcar e do córrego do Facão).
Ponto 30	Baixa vertente	105 cm	30 cm	75 cm	23,360%	5,583%	17,777%	16,390%	60,250%	Argila pesada	Uso da terra: sítio - vegetação de árvores frutíferas localizado próximo à Rodovia Anhanguera.
Ponto 31	Alta vertente	38 cm	23 cm	15 cm	38,673%	12,381%	26,292%	9,527%	51,800%	Argila	Uso da terra: zona rural - cultivo de cana-de-açúcar. Para coletar esta amostra fez o uso do trado de concha.
Ponto 32	Baixa vertente	110 cm	26 cm	84 cm	35,199%	11,703%	23,496%	10,151%	54,650%	Argila	Uso da terra: pastagem próximo à rodovia Anhanguera (sentido capital) e da vegetação de áreas úmidas) do Córrego do Facão.
Ponto 33	Alta vertente	100 cm	28 cm	72 cm	13,705%	1,810%	11,895%	23,995%	62,300%	Argila	Uso da terra: cana-de-açúcar (transição zona urbana e rural) - próximo ao bairro Jardim Esplanada.

Análise Granulométrica											
Ponto		Perfil			Granulometria						Observações
Número do ponto	Setor de coleta	Total	Descartado	Coletado	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classes de textura (Triângulo IAC, 2009)	Uso da terra; fatos observados durante a coleta.
Ponto 34	Alta vertente	100 cm	20 cm	60 cm	17,727%	1,936%	15,791%	26,373%	55,900%	Argila	Uso da terra: área sem edificação (Jardim Esplanada). No passado, esta área de coleta sofreu com o uso agrícola. Colera difícil devido a presença de argila.
Ponto 35	Baixa vertente	103 cm	20 cm	83 cm	29,153%	3,085%	26,068%	27,797%	43,050%	Franco argilosa	Uso da terra: área sem edificação (Jardim Esplanada). Coletagem complicada em virtude da umidade do solo.
Ponto 36	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado	Cancelado
Ponto 37	Alta vertente	196	30 cm	166 cm	69,090%	40,912%	28,178%	16,210%	14,700%	Franco arenosa	Uso da terra: pastagem (transição rural e urbano). Ponto de coleta próximo ao Centro do Idoso. No dia da coleta, o solo estava bem úmido.
Ponto 38	Alta vertente	73 cm	36 cm	37 cm	81,928%	22,695%	59,233%	-13,278%	31,350%	Areia franca	Uso da terra: grama (terreno vazio no Jardim Universitário - próximo a OAB)
Ponto 39	Média vertente	76 cm	33 cm	43 cm	78,654%	18,437%	60,217%	4,396%	16,950%	Franco arenoso	Uso da terra: área sem edificação(provavelmente terreno da prefeitura).

Anexo II - Permeabilidade

Permeâmetro de carga variável						
Ponto	**Granulometria da amostra/Profundidade/Textura**	**Determinações/tempo (segundos)**	**Instantes (t1 e t2)**	**Carga hidraúlica**	**K= coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**	**Média aritmética do coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**
Ponto 06	**Areia total:** 45,913%; **Areia grossa:** 4,287%; **Areia fina:** 41,626%; **Silte:** 26,687%; **Argila**: 27,4%. **Profundidade:** 78 cm. **Franco**	Det.1 - 1'03"	T1	126	0,000113 - $1,13.10^{-4}$	0,000112 - $1,12.10^{-4}$
			T2	125		
		Det.2 - 2'18"	T1	124	0,000105 - $1,05.10^{-4}$	
			T2	122		
		Det.3 - 1'05"	T1	121	0,000114 - $1,14.10^{-4}$	
			T2	120		
		Det.4 - 1'07"	T1	120	0,000112 - $1,12.10^{-4}$	
			T2	119		
		Det.5 - 1'04"	T1	119	0,000118 - $1,18.10^{-4}$	
			T2	118		
Ponto 9	**Areia total:** 77,475%; **Areia grossa:** 17,661%; **Areia fina**: 59,814%; **Silte:** 6,525%; **Argila:** 16%. **Profundidade:** 75 cm. **Franco arenoso**	Det.1 - 41"	T1	126	0,000887 - $8,87.10^{-4}$	0,000887 - $8,87.10^{-4}$
			T2	121		
		Det.2 - 42"	T1	121	0,000902 - $9,02.10^{-4}$	
			T2	116		
		Det.3 - 42"	T1	116	0,000942 - $9,42.10^{-4}$	
			T2	111		
		Det.4 - 46"	T1	111	0,000900 - $9,00.10^{-4}$	
			T2	106		
		Det.5 - 40"	T1	106	0,000864 - $8,64.10^{-4}$	
			T2	102		
		Det.6 - 61"	T1	102	0,000893 - $8,93.10^{-4}$	
			T2	96		
		Det.7 - 46"	T1	96	0,000831 - $8,31.10^{-4}$	
			T2	92		
		Det.8 - 69"	T1	92	0,000878 - $8,78.10^{-4}$	
			T2	86		

Permeâmetro de carga variável						
Ponto	**Granulometria da amostra/Profundidade/Textura**	**Determinações/tempo (segundos)**	**Instantes (t1 e t2)**	**Carga hidraúlica**	**K= coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**	**Média aritmética do coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**
Ponto 12	**Areia Total:** 54,443%; **Areia grossa:** 8,002%; **Areia fina:** 46,441%; **Silte:** 25,257%; **Argila:** 20,3%. **Profundidade:** 61 cm. **Franco**	Det.1 - 5'12"	T1	126	0,000046 - $4,60.10^{-5}$	0,000038 - $3,80.10^{-5}$
			T2	124		
		Det.2 - 2'51"	T1	124	0,000042 - $4,20.10^{-5}$	
			T2	123		
		Det.3 - 6'50"	T1	123	0,000042 - $4,20.10^{-5}$	
			T2	121		
		Det.4 - 10'39"	T1	121	0,000035 - $3,50.10^{-5}$	
			T2	118		
Ponto 14	**Areia total:** 75,288%; **Areia grossa:** 11,253%; **Areia fina:** 64,035%; **Silte:** 9,462%; **Argila:** 15,25%. **Profundidade:** 72 cm. **Franco arenoso**.	Det. 1 - 31"	T1	126	0,000698 - $6,98.10^{-4}$	0,001009 - $1,009.10^{-3}$
			T2	123		
		Det.2 - 30"	T1	123	0,000739 - $7,39.10^{-4}$	
			T2	120		
		Det.3 - 42"	T1	120	0,000725 - $7,25.10^{-4}$	
			T2	116		
		Det.4 - 66"	T1	116	0,000972 - $9,72.10^{-4}$	
			T2	108		
		Det.5 - 37"	T1	108	0,000837 - $8,37.10^{-4}$	
			T2	103		
		Det.6 - 51"	T1	103	0,001086 - $1,086.10^{-3}$	
			T2	95		
		Det.7 - 40"	T1	95	0,001211 - $1,211.10^{-3}$	
			T2	89		
		Det.8 - 27"	T1	89	0,001530 - $1,530.10^{-3}$	
			T2	85		
		Det.9 - 25"	T1	79	0,001391 - $1,391.10^{-3}$	
			T2	76		
		Det.10 - 47"	T1	76	0,001033 - $1,033.10^{-3}$	
			T2	72		
		Det.11 - 37"	T1	72	0,001033 - $1,033.10^{-3}$	
			T2	69		
		Det.12 - 53"	T1	61	0,000854 - $8,54.10^{-4}$	
			T2	58		

Permeâmetro de carga variável						
Ponto	**Granulometria da amostra/Profundidade/Textura**	**Determinações/tempo (segundos)**	**Instantes (t1 e t2)**	**Carga hidraúlica**	**K= coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**	**Média aritmética do coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**
Ponto 33	**Areia total:** 13,705%; **Areia grossa:** 1,81%; **Areia fina:** 11,895%; **Silte:** 23,995%; **Argila:** 62,3%. **Profundidade:** 100 cm. **Argila.**	Det. 1 - 22"	T1	106	0,006327 - $6,327.10^{-3}$	0,011036 - $1,103.10^{-2}$
			T2	86		
		Det.2 - 13"	T1	126	0,007446 - $7,446.10^{-3}$	
			T2	106		
		Det.3 - 10"	T1	66	0,017568 - $1,7568.10^{-2}$	
			T2	56		
		Det.4 - 21"	T1	116	0,012803 - $1,2803.10^{-2}$	
			T2	86		
Ponto 39	**Areia total:** 78,654%; **Areia grossa:** 18,437%; **Areia fina:** 60,217%; **Silte:** 4,396%; **Argila:** 16,95%. **Profundidade:** 76 cm. **Franco arenoso**.	Det.1 - 15"	T1	76	0,008733 - $8,733.10^{-3}$	0,01117 - $1,117.10^{-2}$
			T2	66		
		Det.2 - 8"	T1	106	0,008246 - $8,246.10^{-3}$	
			T2	96		
		Det.3 - 6"	T1	116	0,009140 - $9,140.10^{-3}$	
			T2	106		
		Det.4 - 4"	T1	126	0,018575 - $1,8575.10^{-2}$	
			T2	116		
Ponto 24	**Areia total:** 34,617%; **Areia grossa:** 0,585%; **Areia fina:** 34,032%; **Silte:** 22,033%; **Argila:** 43,35%. **Profundidade:** 102 cm. **Argila.**	Det.1 - 18"	T1	86	0,005635 - $5,635.10^{-3}$	0,007794 -$7,794.10^{-3}$
			T2	76		
		Det.2 - 20"	T1	116	0,005756 - $5,756.10^{-3}$	
			T2	96		
		Det.3 - 16"	T1	126	0,006050 - $6,050.10^{-3}$	
			T2	106		
		Det.4 - 9"	T1	126	0,008255 - $8,255.10^{-3}$	
			T2	116		
		Det.5 - 11"	T1	76	0,001190 - $1,190.10^{-3}$	
			T2	66		
		Det. 6 - 14"	T1	123	0,006095 - $6,095.10^{-3}$	
			T2	106		
		Det.7 - 10"	T1	96	0,008086 - $8,086.10^{-3}$	
			T2	86		
		Det.8 - 12"	T1	76	0,010563 - $1,0563.10^{-2}$	
			T2	66		

Permeâmetro de carga variável						
Ponto	**Granulometria da amostra/Profundidade/Textura**	**Determinações/tempo (segundos)**	**Instantes (t1 e t2)**	**Carga hidraúlica**	**K= coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**	**Média aritmética do coeficiente de permeabilidade Kt cm seg^{-1}**
Ponto 27	**Areia total:** 57,454%; **Areia grossa:** 3,65%; **Areia fina:** 53,804%; **Silte:** 11,546%; **Argila:** 31%. **Profundidade:** 110 cm. **Franco argilo arenosa.**	Det.1 - 59"	T1	126	0,007698 - $7,698.10^{-3}$	0,0127 - $1,27.10^{-2}$
			T2	56		
		Det.2 - 41"	T1	126	0,008833 - $8,833.10^{-3}$	
			T2	66		
		Det.3 - 6"	T1	96	0,013477 - $1,3477.10^{-2}$	
			T2	86		
		Det.4 - 7"	T1	66	0,021090 - $2,1090.10^{-2}$	
			T2	56		
Ponto 23	**Areia total:** 28,265%; **Areia grossa:** 9,378%; **Areia fina:** 18,887%; **Silte:** 9,085%; **Argila:** 62,55%. **Profundidade:** 45 cm. **Argila pesada**.	Det.1 - 45"	T1	125	0,000304 - $3,04.10^{-4}$	0,000199 - $1,99.10^{-4}$
			T2	122		
		Det.2 - 1'16"	T1	122	0,000253 - $2,53.10^{-4}$	
			T2	118		
		Det.3 - 2'04"	T1	118	0,000208 - $2,08.10^{-4}$	
			T2	113		
		Det.4 - 1'33"	T1	113	0,000259 - $2,59.10^{-4}$	
			T2	110		
		Det.5 - 1'14"	T1	110	0,000159 - $1,59.10^{-4}$	
			T2	108		
		Det.6 - 3'36"	T1	108	0,000143 - $1,43.10^{-4}$	
			T2	103		
		Det.7 - 1'46"	T1	103	0,000126 - $1,26.10^{-4}$	
			T2	101		
		Det.8 - 3'09"	T1	101	0,000143 - $1,43.10^{-4}$	
			T2	98		

Anexo III – Proposição de pesos para a variável declividade (Carta de Fragilidade Física)

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de declividade						
Classes de declividade	Sulco Erosivo					
	Ano					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	M²	M²	M²	M²	M²	M²
0% -| 2%	121,006808494480	124,734086133700	80,101648645030	47,314155770930	61,204536115550	25,780393103620
2% -| 5%	471,223728360580	450,224723933950	314,595487458110	144,121118964240	156,641453968100	192,626323129320
5% -| 12%	776,485463616100	632,643584289840	303,487581136590	315,073298766380	274,624258723400	285,598320595330
12% -| 30%	88,902421835100	117,891015977510	57,646842594460	107,854561852240	63,352388733850	59,206881331000
30% -| 45%	1,777906805320	0,676247644884	0,937415370459	0,000000000000	1,130280304990	0,262411444495
≥ 45%	0,000000000000	0,000000000000	0,149037780906	0,139850227687	0,000000000000	0,034521223359

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de declividade						
Classes de declividade	Ravina					
	Ano					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	M²	M²	M²	M²	M²	M²
0% -| 2%	0,000000000000	59,100873563610	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
2% -| 5%	0,000000000000	390,644266037800	9,577434940870	0,000000000000	0,000000000000	407,696903413100
5% -| 12%	0,000000000000	1448,100659341420	1599,040730414130	871,795256908630	738,243023127270	2228,891293649560
12% -| 30%	0,000000000000	231,443021557800	120,939149881750	102,624140726810	0,000000000000	315,355303759660
30% -| 45%	0,000000000000	0,000000000000	108,357543586800	0,000000000000	0,000000000000	12,008072745500
≥ 45%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	6,965576543830

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de declividade						
Classes de declividade	Voçoroca					
	Ano					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	M²	M²	M²	M²	M²	M²
0% -| 2%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	13,193069542000	0,000000000000
2% -| 5%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	1332,667870171200	3671,099976977370
5% -| 12%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	14265,713928431000	10865,223922411900
12% -| 30%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	22464,512044255600	20883,321548903000
30% -| 45%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	2721,329337804070	2124,283394568970
≥ 45%	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	717,246574115200	700,915112312720

Coeficiente de Proporcionalidade: declividade						
Classes de declividade em porcentagem (%)	Sulco erosivo (m²)					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
0% -| 2%	0,60593494	0,76295698	0,82451290	0,31635448	0,69671547	0,31399124
2% -| 5%	0,72871204	0,85046579	1,00004857	0,29759328	0,55066967	0,72452977
5% -| 12%	1,00001530	0,99524760	0,80344111	0,54181574	0,80402188	0,89462446
12% -| 30%	0,61733408	0,99996796	0,82285250	1,00002736	1,00005828	0,99997847
30% -| 45%	0,32757704	0,15219800	0,35503923	0,00000000	0,47341965	0,11759776
≥ 45%	0,00000000	0,00000000	0,27239270	0,16603099	0,00000000	0,07465472

Coeficiente de Proporcionalidade: declividade						
Classes de declividade em porcentagem (%)	Ravina (m²)					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
0% -| 2%	0,00000000	0,15868623	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2% -| 5%	0,00000000	0,32392122	0,00074185	0,00000000	0,00000000	0,10180084
5% -| 12%	0,00000000	1,00000280	0,10315010	1,00001675	0,99998104	0,46349747
12% -| 30%	0,00000000	0,86174724	0,04206398	0,63471045	0,00000000	0,35358348
30% -| 45%	0,00000000	0,00000000	1,00000096	0,00000000	0,00000000	0,35724235
≥ 45%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000348

Coeficiente de Proporcionalidade: declividade						
Classes de declividade em porcentagem (%)	Voçoroca (m²)					
	1962	1978	1988	1997	2010	2016
	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
0% -| 2%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00010359	0,00000000
2% -| 5%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00323164	0,00910962
5% -| 12%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,02880972	0,02245367
12% -| 30%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,24461095	0,23269205
30% -| 45%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,78624484	0,62804712
≥ 45%	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000000	1,00000002

Declividade: Média do coeficiente de proporcionalidade			
Classes de declividade em porcentagem (%)	Sulco Erosivo	Ravina	Voçoroca
	Média Coeficiente de proporcionalidade	Média Coeficiente de proporcionalidade	Média Coeficiente de proporcionalidade
0% -| 2%	0,58674434	0,02644771	0,00001727
2% -| 5%	0,69200317	0,07107732	0,00205688
5% -| 12%	0,83986102	0,59444452	0,00854390
12% -| 30%	0,90671204	0,31535086	0,07955050
30% -| 45%	0,23763861	0,22620722	0,23571533
≥ 45%	0,08551307	0,16666725	0,33333334

Média coeficiente de proporcionalidade de cada feição erosiva em cada intervalo de declividade							
Classes de declividade em porcentagem (%)	Sulco Erosivo		Ravina		Voçoroca		Soma - média coeficiente de proporcionalidade /pelo maior número de cada feição erosiva
	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior nº	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior nº	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior nº	
0% -| 2%	0,58313396	0,64493833	0,02611883	0,04386734	0,00001723	0,00005169	0,68885736
2% -| 5%	0,69103373	0,76427403	0,06962712	0,11694078	0,00212999	0,00638997	0,88760478
5% -| 12%	0,83665027	0,92532396	**0,59540494**	1,00000000	0,00854880	0,02564640	1,95097036
12% -| 30%	**0,90417011**	1,00000000	0,31506984	0,52916901	0,08010694	0,24032082	1,76948982
30% -| 45%	0,23678069	0,26187626	0,22620722	0,37992164	0,23586533	0,70759598	1,34939388
≥ 45%	0,08542316	0,09447687	0,16666725	0,27992252	**0,33333334**	1,00000000	1,37439939

Declividade: peso			
Classes de declividade em porcentagem (%)	Soma das médias do coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior número	Índice final	Índice multiplicado por 100
0% -| 2%	0,69165539	0,35434933	35,00000000
2% -| 5%	0,88894054	0,45542258	45,00000000
5% -| 12%	**1,95190265**	1,00000000	100,00000000
12% -| 30%	1,76914820	0,90637112	90,00000000
30% -| 45%	1,34976973	0,69151488	69,00000000
≥ 45%	1,37468594	0,70427997	70,00000000

Anexo IV – Proposição de pesos para a variável Fragilidade Física (Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano)

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de fragilidade física							
Classes de fragilidade física	Área (m²) das classes de fragilidade física	Sulco Erosivo					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		M²	M²	M²	M²	M²	M²
Muito fraca	820878,988458644	158,938665705	199,585054310	80,506757815	54,051619552	71,453408702	30,260626028
Fraca	2164030,399700000	316,114833000	282,866760000	219,002269000	120,704311000	138,735497000	142,656985000
Média	527558,714425368	87,052030016	96,836777167	37,728424168	61,496866392	38,708622619	23,092742732
Forte	4322264,023988170	578,776365193	487,366225818	290,304248032	263,950119088	260,072614059	274,946008643
Muito forte	1885531,676538800	318,492023006	259,297544932	129,129012602	113,915115894	47,980967044	92,541977145

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de fragilidade física							
Classes de fragilidade física	Área (m²) das classes de fragilidade física	Ravina					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		M²	M²	M²	M²	M²	M²
Muito fraca	820878,988458644	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,399700000	0,000000000	50,283800000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,714425368	0,000000000	14,879537946	112,898735047	0,000000000	0,000000000	13,379686080
Forte	4322264,023988170	0,000000000	1316,270542106	215,046634513	452,169727433	256,631337702	2402,912363326
Muito forte	1885531,676538800	0,000000000	747,854920421	1509,969489210	522,249670137	481,611685495	554,625100827

Área ocupada pelas feições erosivas em cada intervalo de fragilidade física							
Classes de fragilidade física	Área (m²) das classes de fragilidade física	Voçoroca					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		M²	M²	M²	M²	M²	M²
Muito fraca	820878,988458644	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,399700000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,714425368	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	17,961843199	0,647117709
Forte	4322264,023988170	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	4529,908420734	6322,649157061
Muito forte	1885531,676538800	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	951838,711593024	31921,547681115

Coeficiente de proporcionalide: fragilidade física							
Classes de fragilidade	Áreas das classes de fragilidade	Sulco erosivo					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
Muito fraca	820878,988458644	1,000000478	0,999999101	0,969099554	0,564867387	0,999999960	0,559201585
Fraca	2164030,399700000	0,754451457	0,537612417	1,000001043	0,478493842	0,736512984	0,999998409
Média	527558,714425368	0,852232096	0,754953597	0,706664152	0,999997961	0,842933060	0,664009574
Forte	4322264,023988170	0,691590916	0,463761690	0,663677806	0,523874790	0,691256935	0,964952093
Muito forte	1885531,676538800	0,872397698	0,565607689	0,676714050	0,518280003	0,292342081	0,744516910

Coeficiente de proporcionalide: fragilidade física							
Classes de fragilidade	Áreas das classes de fragilidade	Ravina					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
Muito fraca	820878,988458644	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,399700000	0,000000000	0,058584316	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,714425368	0,000000000	0,071110752	0,267229197	0,000000000	0,000000000	0,045619315
Forte	4322264,023988170	0,000000000	0,767804229	0,062127945	0,377699564	0,232452913	1,000000644
Muito forte	1885531,676538800	0,000000000	1,000000351	0,999999932	1,000001461	0,999999495	0,529101908

Coeficiente de proporcionalide: fragilidade física							
Classes de fragilidade	Áreas das classes de fragilidade	Voçoroca					
		1962	1978	1988	1997	2010	2016
		Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade	Coeficiente de proporcionalidade
Muito fraca	820878,988458644	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Fraca	2164030,399700000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000
Média	527558,714425368	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000067445	0,000072454
Forte	4322264,023988170	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,002076102	0,086404763
Muito forte	1885531,676538800	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	1,000000000	0,999999995

Fragilidade: média do coeficiente de proporcionalidade			
Classes de Fragilidade	Sulco erosivo	Ravina	Voçoroca
	Média Coeficiente de proporcionalidade	Média Coeficiente de proporcionalidade	Média Coeficiente de proporcionalidade
Muito fraca	0,848861344	0	0
Fraca	0,751178359	0,009764053	0
Média	0,803465073	0,063993211	2,33165E-05
Forte	0,666518888	0,573347549	0,014746811
Muito forte	0,611643072	0,754850525	0,333333333

Média coeficiente de proporcionalidade de cada feição erosiva em cada intervalo de fragilidade física							
Classe de fragilidade física	Sulco erosivo		Ravina		Voçoroca		Soma - média coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior nº de cada feição erosiva
	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ maior nº	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ maior nº	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/ maior nº	
Muito fraca	**0,848861344**	1,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000	1,000000000
Fraca	0,751178359	0,884924687	0,009764053	0,012935081	0,000000000	0,000000000	0,897859768
Média	0,803465073	0,946520982	0,063993211	0,084776004	0,000023317	0,000069951	1,031366937
Forte	0,666518888	0,785191707	0,573347549	0,759551103	0,014746811	0,044240433	1,588983244
Muito forte	0,611643072	0,720545324	**0,754850525**	1,000000000	**0,333333333**	1,000000000	2,720545324

Fragilidade Física: Índice final			
Classe	Soma - média coeficiente de proporcionalidade/ pelo maior nº de cada feição erosiva	Índice final	Índice multiplicado por 100
Muito fraca	1,000000000	0,367573365	37,000000000
Fraca	0,897859768	0,330029336	33,000000000
Média	1,031366937	0,379103016	38,000000000
Forte	1,588983244	0,584067918	58,000000000
Muito forte	**2,720545324**	1,000000000	100,000000000

Anexo V – Proposição de pesos para a variável Uso da Terra (Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano)

Uso da terra: coefciente de proporcionalidade			
Classes de uso da terra (m²)	**Ano 1962**		
		Sulco erosivo	
	Área total de cada classes (m²)	**Área (m²)**	**Coeficiente de proporcionalidade**
Área edificada	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	228824,228540000000	1,374740770300	0,234046662280
Área sem edificação	223133,685682000000	24,505146564100	0,427834508874
Indústrias	89261,751459700000	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	63927,560572900000	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	21241,564608400000	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	35703,597040200000	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	29111,477568300000	0,000000000000	0,000000000000
Cobertura herbácea	129415,087311000000	13,483022389370	0,405869103622
Solo exposto	69435,925840000000	0,000000000000	0,000000000000
Cana-de-açúcar	2176708,822170000000	356,934280742470	0,638809799070
Cultura anual	176341,089856000000	39,502659291370	0,872682885133
Cultura permanente	68009,757670400000	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	841959,901036000000	91,086767465110	0,421451426170
Silvicultura	1619366,524580000000	93,719386110920	0,225459180541
Pasto limpo	2356381,639510000000	604,869913829180	0,999999998772
Pasto sujo	876344,727603000000	203,145662320970	0,903059200519
Mata	350789,666978000000	3,398450659670	0,037741384109
Vegetação de área úmida	129021,076798000000	19,696760731700	0,594727188980

Uso da terra: coeficiente de proporcionalidade					
Classes de uso da terra (m²)	Ano 1978				
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo		Ravina	
		Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade
Área edificada	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	537696,641587000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	281690,030552000000	142,124557852080	0,999999999849	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	185673,728277000000	25,225052229360	0,269267517462	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	63418,059217600000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	50582,782193500000	4,085942847510	0,160100218548	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	45970,960945300000	2,548633655320	0,109881905473	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	20756,561556100000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cobertura herbácea	372376,732102000000	15,614630979920	0,083109666369	0,000000000000	0,000000000000
Solo exposto	267293,421456000000	33,516332636140	0,248525280149	301,079437828000	0,999999999556
Cana-de-açúcar	2487653,703340000000	366,590317452690	0,292074348379	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	64929,435774900000	2,620271477390	0,079984716661	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	13573,132032200000	5,084966354990	0,742523768658	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	1209540,915910000000	158,573570370530	0,259843938806	503,232815559000	0,369364848940
Silvicultura	526401,253814000000	17,818694107640	0,067090543110	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	2247601,635210000000	477,996875563000	0,421510180812	1324,976567116000	0,523354583156
Pasto sujo	466299,901142000000	47,236635793030	0,200777936434	0,000000000000	0,000000000000
Mata	351712,727664000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Vegetação de área úmida	138082,016168000000	26,242073772300	0,376672038685	0,000000000000	0,000000000000

Uso da terra: coeficiente de proporcionalidade					
Classes de uso da terra (m²)	Ano 1988				
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo		Ravina	
		Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade
Área edificada	16558,552173300000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	1162787,487390000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	331190,220287000000	77,781238185200	1,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	356307,902437000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	345213,017121000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	41749,410413400000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	34376,025260800000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	44681,435910600000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cobertura herbácea	793929,003633000000	34,222749340250	0,183542178062	0,000000000000	0,000000000000
Solo exposto	225854,943185000000	48,891757138490	0,921740559234	0,000000000000	0,000000000000
Cana-de-açúcar	2892497,342300000000	322,292142780720	0,474437929389	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	94724,388214500000	19,801837891900	0,890115460320	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	488042,057816000000	0,000000000000	0,000000000000	585,397419907000	0,999999999738
Silvicultura	350898,445334000000	37,055158820110	0,449645123195	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	1017524,744470000000	79,182864273400	0,331351453939	745,283784535540	0,610637031900
Pasto sujo	528221,732913000000	45,692856472480	0,368327966670	317,746644997000	0,501500249646
Mata	259913,195933000000	0,000000000000	0,000000000000	189,487009233000	0,607795607699
Vegetação de área úmida	183272,593707000000	20,132408077030	0,467736058052	0,000000000000	0,000000000000

Uso da terra: coeficiente de proporcionalidade					
Classes de uso da terra (m²)	Ano 1997				
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo		Ravina	
		Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade
Área edificada	969979,548962000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	705241,174666000000	8,041479185730	0,048951140130	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	131176,599643000000	23,975050497000	0,784635026011	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	557992,163643000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	412485,908439000000	0,748062265537	0,007785619251	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	51299,763501200000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	38714,227001800000	2,121619668570	0,235267246748	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	100037,315135000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cobertura herbácea	723193,379560000000	73,757161739100	0,437838839375	175,293648724000	0,143882833194
Solo exposto	114475,595742000000	26,665417161100	0,999999998683	0,000000000000	0,000000000000
Cana-de-açúcar	3279294,795460000000	348,595537637000	0,456358236380	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	40553,280110500000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	103780,889376000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Silvicultura	448878,557381000000	0,196146015651	0,001875923657	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	437983,248452000000	26,108049056600	0,255906577830	737,836709011000	0,999999999821
Pasto sujo	429627,925747000000	69,124599846700	0,690724176038	0,000000000000	0,000000000000
Mata	469763,193235000000	6,880688217210	0,062880707952	61,655187181000	0,077909044179
Vegetação de área úmida	162843,779066000000	25,912637407300	0,683132544367	0,000000000000	0,000000000000

Uso da terra: coeficiente de proporcionalidade							
Classes de uso da terra (m²)	Ano 2010						
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo		Ravina		Voçoroca	
		Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade
Área edificada	1115042,918300000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	861985,340505000000	5,761774898930	0,019608997475	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	98778,589927500000	17,522290168700	0,520387707287	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	615970,223788000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	298176,823201000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	51392,328638400000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	83938,973774900000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	198521,878624890000	4,100445563450	0,060592288873	0,000000000000	0,000000000000	3025,216201550000	0,288149450049
Cobertura herbácea	753926,290518000000	43,875490620700	0,170723018627	172,312172569000	0,185647186040	15312,119991400000	0,384039759828
Solo exposto	112991,696361000000	2,735995624810	0,071034258775	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cana-de-açúcar	3011208,499990000000	373,138913436000	0,363520325203	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	51352,212796200000	17,504921986200	1,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	96533,964574800000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Silvicultura	296633,156410000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	422934,088348000000	72,938645634900	0,505922492196	520,680591961000	1,000000000000	15,383714508600	0,000687793829
Pasto sujo	393784,439247000000	17,547631432700	0,130725086152	42,113030145700	0,086867883699	0,000000000000	0,000000000000
Mata	429750,693082000000	0,000000000000	0,000000000000	3,298781225470	0,006235025429	22727,247007100000	1,000000000000
Vegetação de área úmida	126176,299445000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000

Uso da terra: coeficiente de proporcionalidade							
Classes de uso da terra (m²)	Ano 2016						
	Área total de cada classes (m²)	Sulco erosivo		Ravina		Voçoroca	
		Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade	Área (m²)	Coeficiente de proporcionalidade
Área edificada	1184100,160160000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	974668,624503000000	42,749087364200	0,191943173883	530,421266541000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	974668,624503000000	83,604727672700	0,375384780492	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	592474,856539000000	0,293387988982	0,002167081356	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	355662,304773000000	5,113448201280	0,062918568410	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	48977,410548600000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	64551,621378500000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	224575,682773200000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cobertura herbácea	918706,274215000000	83,603371712400	0,398244622792	420,817597844000	0,187932356168	5248,300099000000	0,006963381439
Solo exposto	100630,678984000000	22,994691800300	1,000000000000	204,709528225000	0,834626178547	0,000000000000	0,000000000000
Cana-de-açúcar	2034946,002960000000	187,919295900000	0,404130191699	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	223674,996322000000	25,327082078000	0,495530657966	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Silvicultura	260227,578586000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	549922,203686000000	64,302968914400	0,511720222469	1340,345951780000	0,999999999885	0,000000000000	0,000000000000
Pasto sujo	557048,867821000000	45,613630980400	0,358347318447	461,454533561000	0,339875585915	0,000000000000	0,000000000000
Mata	398596,025393000000	1,137843792730	0,012492590116	0,000000000000	0,000000000000	32698,494284400000	0,999999999994
Vegetação de área úmida	100630,678984000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000

Uso da terra: média do coeficiente de proporcionalidade			
	Sulco erosivo	**Ravina**	**Voçoroca**
Classes de uso da terra	**Média coeficiente de proporcionalidade**	**Média coeficiente de proporcionalidade**	**Média coeficiente de proporcionalidade**
Área edificada	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	0,082424995628	0,000000000000	0,000000000000
Área sem edificação	0,684707003752	0,000000000000	0,000000000000
Indústrias	0,045239099803	0,000000000000	0,000000000000
Chácaras	0,011784031277	0,000000000000	0,000000000000
Cemitério	0,026683369758	0,000000000000	0,000000000000
Construção rural	0,057524858704	0,000000000000	0,000000000000
Área verde pública	0,010098714812	0,000000000000	0,048024908342
Cobertura herbácea	0,279887904808	0,086243729234	0,065167190211
Solo exposto	0,540216682807	0,305771029684	0,000000000000
Cana-de-açúcar	0,438221805020	0,000000000000	0,000000000000
Cultura anual	0,556385620013	0,000000000000	0,000000000000
Cultura permanente	0,123753961443	0,000000000000	0,000000000000
Citricultura	0,113549227496	0,228227474780	0,000000000000
Silvicultura	0,124011795084	0,000000000000	0,000000000000
Pasto limpo	0,504401821003	0,688998602460	0,000114632305
Pasto sujo	0,441993614043	0,154707286543	0,000000000000
Mata	0,018852447030	0,115323279551	0,333333333332
Vegetação de área úmida	0,353711305014	0,000000000000	0,000000000000

Média coeficiente de proporcionalidade de cada feição erosiva em cada uso da terra							
Classes de uso da terra	Sulco erosivo		Ravina		Voçoroca		Soma - Média coeficiente de proporcionalidade/pelo maior número
	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/pelo maior número	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/pelo maior número	Média coeficiente de proporcionalidade	Média coeficiente de proporcionalidade/pelo maior número	
Área edificada	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Área parcialmente edificada	0,082424995628	0,120379951098	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,120379951098
Área sem edificação	**0,684707003752**	1,000000000000	0,088908038101	0,129039504265	0,000000000000	0,000000000000	1,129039504265
Indústrias	0,045239099803	0,066070742018	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,066070742018
Chácaras	0,011784031277	0,017210326771	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,017210326771
Cemitério	0,026683369758	0,038970493382	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,038970493382
Construção rural	0,057524858704	0,084013831301	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,084013831301
Área verde pública	0,010098714812	0,014748957958	0,000000000000	0,000000000000	0,048024908342	0,144074725027	0,158823682985
Cobertura herbácea	0,279887904808	0,408770325518	0,086243729234	0,125172574989	0,065167190211	0,195501570634	0,729444471141
Solo exposto	0,540216682807	0,788974962790	0,305771029684	0,443790493322	0,000000000000	0,000000000000	1,232765456112
Cana-de-açúcar	0,438221805020	0,640013615486	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,640013615486
Cultura anual	0,556385620013	0,812589351305	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,812589351305
Cultura permanente	0,123753961443	0,180740025682	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,180740025682
Citricultura	0,113549227496	0,165836229035	0,228227474780	0,331245192610	0,000000000000	0,000000000000	0,497081421645
Silvicultura	0,124011795084	0,181116586225	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,181116586225
Pasto limpo	0,504401821003	0,736668119705	**0,688998602460**	1,000000000000	0,000114632305	0,000343896915	1,737012016620
Pasto sujo	0,441993614043	0,645522262254	0,154707286543	0,224539332867	0,000000000000	0,000000000000	0,870061595121
Mata	0,018852447030	0,027533597476	0,115323279551	0,167378103728	**0,333333333332**	1,000000000000	1,194911701204
Vegetação de área úmida	0,353711305014	0,516587829649	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,516587829649

Índice final				
Classes de uso da terra	**Soma - média coeficiente/pelo maior nº de cada feição erosiva**	**Índice final**	**Índice final multiplicado por 100**	**Peso final**
Quadra edificada	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000	0,000000000000
Quadra parcialmente edificada	0,120379951098	0,069302889068	6,930288906823	7,000000000000
Quadra sem edificação	1,129039504265	0,649989460903	64,998946090308	65,000000000000
Indústrias	0,066070742018	0,038037009178	3,803700917773	4,000000000000
Chácaras	0,017210326771	0,009908006742	0,990800674165	1,000000000000
Cemitério	0,038970493382	0,022435361995	2,243536199469	2,000000000000
Construção rural	0,084013831301	0,048366868218	4,836686821803	5,000000000000
Área verde pública	0,158823682985	0,091434993809	9,143499380853	9,000000000000
Cobertura herbácea	0,729444471141	0,419942098363	41,994209836291	42,000000000000
Solo exposto	1,232765456112	0,709704621682	70,970462168178	71,000000000000
Cana-de-açúcar	0,640013615486	0,368456642419	36,845664241943	37,000000000000
Cultura anual	0,812589351305	0,467808710320	46,780871031980	47,000000000000
Cultura permanente	0,180740025682	0,104052259830	10,405225983047	10,000000000000
Citricultura	0,497081421645	0,286170398874	28,617039887396	28,000000000000
Silvicultura	0,181116586225	0,104269046208	10,426904620811	10,000000000000
Pasto limpo	**1,737012016620**	1,000000000000	100,000000000000	100,000000000000
Pasto sujo	0,870061595121	0,500895553281	50,089555328122	50,000000000000
Mata	1,194911701204	0,687912167429	68,791216742941	69,000000000000
Vegetação de área úmida	0,516587829649	0,297400262466	29,740026246578	30,000000000000