

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

ANA CECÍLIA PEREIRA MENDES

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DECORRENTES DA EXPANSÃO
URBANA NO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP):
SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO URBANO

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

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Rio Claro – SP

2015

ANA CECÍLIA PEREIRA MENDES

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DECORRENTES DA EXPANSÃO
URBANA NO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP):
SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO URBANO

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

Comissão Examinadora

Profª Drª. Cenira Maria Lupinacci da Cunha (Orientadora)

Profª Drª Andréia Medinilha Pancher

Profª Drª Regina Célia de Oliveira

Rio Claro, 26 de Agosto de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, força e discernimento.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha pela credibilidade, amizade, confiança e ensinamentos. Admiro muito sua competência e profissionalismo.

À Banca de Exame de Qualificação e de Defesa, Prof^a Dr^a Andréia Medinilha Pancher e Prof^a Dr^a Regina Célia de Oliveira, pelas valorosas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Prof^a Dr^a Lucimari Rossetti por me ajudar na aquisição do mosaico de fotografias aéreas da área de estudo.

À minha filha Monique Ewelyn, pela tranquilidade e leveza que me transmite e, também, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Ao Rodolpho, companheiro e amigo, pela disposição de me acompanhar em cada trabalho de campo! Agradeço todo seu apoio, carinho e incentivo.

À todos os amigos em especial Alessandra Fagundes, Júlio Nardone, Letícia Paschoal, Débora Queiroz, Leandro Pinton, Adriano Simon, Tissiana Souza, Matheus Rizato, Simone Emiko e Plínio Marcos, pelos momentos de ajuda, amizade e companheirismo.

Aos funcionários do DEPLAN, especialmente o Álvaro, a Bete, a Magali e o Bira.

À EMPLASA, pela concessão das ortofotos do cenário de 2010 da área de estudo.

À FAPESP por fomentar o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa deixo o meu: Muito Obrigada!

RESUMO

Nas cidades médias do interior paulista, o processo de urbanização, ocorrido desde 1970, contribuiu para a ocupação de áreas susceptíveis ao desencadeamento de processos morfogenéticos, causando uma série de problemas ambientais. Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa consistiu em identificar e analisar as alterações geradas pela urbanização sobre as formas do relevo do setor leste da cidade de Rio Claro (SP), por intermédio da cartografia geomorfológica histórico-evolutiva, baseada na abordagem antropogeomorfológica. A partir da análise de tais alterações, buscou-se avaliar as restrições do terreno ao uso urbano, considerando o histórico de dinâmica de uso da terra no intervalo de 48 anos, a fim de avaliar a capacidade de suporte da área a esse tipo de uso. Assim, pretendeu-se discutir as consequências da urbanização na morfodinâmica da área de estudo ao longo do tempo, embasado no modelo de estágios evolutivos proposto por Nir (1983), o qual busca demonstrar a influência da urbanização na morfodinâmica, (período pré-urbano, período de construção e período urbano consolidado). Para tanto, elaborou-se a Carta de Fragilidade do Meio Físico a partir de informações extraídas das cartas de declividade, de materiais inconsolidados e das cartas geomorfológicas dos cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2010. Os dados extraídos destas cartas, em conjunto com as cartas de uso da terra dos mesmos cenários, foram utilizados para a construção da Carta de Níveis de Restrições ao Uso Urbano. As cartas geomorfológicas e de uso da terra, de caráter histórico-evolutivo, subsidiaram a análise das transformações ocorridas ao longo do tempo. Assim, a urbanização no intervalo de tempo estudado (48 anos) foi responsável pela criação de diversas feições geomorfológicas antropogênicas, tais como ruptura topográfica antrópica, canais artificiais e hidrografia canalizada, e também modificou processos naturais dos cursos d'água perenes e temporários (energia do canal e quantidade de sedimentos transportados) e das vertentes (processos denudativos). Os setores caracterizados por restrições muito severas ao uso urbano localizam-se nas proximidades de nascentes, em concavidades expressivas ou em áreas alagáveis que estão fora da área de preservação permanente, terrenos que apresentaram feições erosivas lineares nos cenários mais recentes e, também, áreas que apresentaram uso sequencial de pastoreio durante 48 anos, independente da fragilidade do meio físico. Os setores que apresentaram restrições severas foram identificados a partir da fragilidade do meio físico e do uso sequencial de pasto em dois ou mais cenários. Os setores caracterizados com restrição moderada ao uso urbano refletem a fragilidade fraca ou média aos processos morfogenéticos. Contudo, verificou-se que o uso urbano é realizado de forma independente das restrições existentes e esse fato explica boa parte dos problemas ambientais que hoje ocorrem no espaço urbano estudado.

Palavras-chaves: Geomorfologia Antropogênica. Cartografia Geomorfológica. Fragilidade do Meio Físico. Restrição do Relevo ao Uso Urbano.

ABSTRACT

In medium-sized cities in the São Paulo interior, the urbanization process, occurred since 1970, contributed to the occupation of areas likely to trigger morphogenetic processes, causing a series of environmental problems. Thus, the main objective of this research was to identify and analyze the changes generated by urbanization on the relief forms the eastern sector of the city of Rio Claro (SP), through the evolutionary historic geomorphological mapping based in antropogeomorfologic approach. From the analysis of these changes, searched to evaluate the restrictions of relief to urban use, considering the dynamic of land use in between of 48 years, to assess the capacity of area to such use. Thus, aimed discuss the consequences of urbanization on morphodynamics of the study area over time, based on the model of stages environmental impacts proposed by Nir (1983), which seeks to demonstrate the influence of urbanization on morphodynamics, (pre-urban period, construction period and developed urban period). Therefore, elaborated the Environmental Fragility Map from the information extracted of the slope map, unconsolidated materials map and geomorphological maps of different scenarios (1962, 1972, 1988, 1995 and 2010). The data extracted from this maps, together with the land use maps of scenarios from 1962, 1972, 1988, 1995 and 2010 were used for the construction of Restrictions levels to Use Urban Map. The geomorphological maps and land use maps, with historical and evolutionary character, supported the analysis of the transformations that have occurred in relief over time. Thus, the urbanization in the study period (48 years) was responsible for creating diverse anthropogenic geomorphological features, such as topographic rupture anthropic, artificial canals and channeled hydrography, and also modified natural processes of perennial and temporary rivers (energy of the channel and quantity of transported sediment) and the hillside (denudatives processes). The sectors characterized by very severe restrictions to urban use are located in the near of springs waters, in significant hillside concave or flooded areas that are outside the area of permanent preservation, relief that had linear erosion features in the latest scenarios and areas that showed pasture sequential use for 48 years, regardless of the fragility of the physical environment. The sectors that showed severe restrictions were identified from the fragility of the physical environment and the pasture sequential use in two or more scenarios. The sectors characterized with moderate restriction to urban use reflect the fragility weak or average to morphogenetics process. However, verified that urban use is done so independent of restrictions existing and this fact explains many of the environmental problems currently occurring in urban space studied.

Keywords: Anthropogenic Geomorphology. Geomorphological Mapping. Environmental Fragility. Restriction of Relief to Urban Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ábaco criado para edição da carta de declividade no ArcGIS. Elaboração: a autora.	40
Figura 2 - Amostra de trecho da carta de declividade sem edição e com edição. Elaboração: a autora.	40
Figura 3 – Amostra de trecho da área de estudo agregando valores de referência de declividade; dados morfológicos e materiais inconsolidados.	53
Figura 4 - Setor leste da cidade de Rio Claro/SP – vertentes que drenam para o Ribeirão Claro. Fonte: Planta cadastral da prefeitura municipal de Rio Claro, 1984. Atualizado por Rossetti (2007). Adaptado pela autora (2015).	58
Figura 5 - Estação da Cia Paulista inaugurada em 1876 - Rio Claro/SP. Fonte: < http://www.abpfs.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm > Acessado em 12 de novembro de 2013.	59
Figura 6 – Cidade de Rio Claro em 1879. Fonte: < http://www.abpfs.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm > Acessado em 12 de novembro de 2013.	59
Figura 7 – Cidade de Rio Claro em 1902. Fonte: < http://www.abpfs.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm > Acessado em 12 de novembro de 2013.	60
Figura 8 – Cronologia dos loteamentos (por bairro) do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Fonte: Prefeitura de Rio Claro.	63
Figura 9 – Lotes edificados no período de 1962 até 2010. Elaborado pela autora.	64
Figura 10 - Localização dos grupos de IPVS no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) no ano de 2010. Fonte: IBGE (2010); Fundação SEADE, 2010.	65
Figura 11 - Carta Geológica. Fonte: Zaine (2000) com adaptações de Zaine (1994).	68
Figura 12 – Trechos da carta geomorfológica do cenário de 2010 apresentando setores com terraços agrícolas para contenção de processos erosivos. Elaboração e orgs: a autora.	92
Figura 13 – Terraço agrícola na margem esquerda do córrego Mãe Preta. Fonte: Acervo pessoal, Outubro/2014.	93
Figura 14 – Trecho de área drenada pelo córrego Mãe Preta – feições morfológicas e uso da terra. Elaboração e orgs: a autora.	94
Figura 15 – Voçoroca localizada no córrego Mãe Preta. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.	95
Figura 16 – Sulco erosivo em área próxima à voçoroca do córrego Mãe Preta em área de pastoreio. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.	95
Figura 17 – Uso urbano em terrenos do baixo curso com características deposicionais. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.	96
Figura 18 – Feições morfológicas e uso da terra identificadas na vertente drenada pelo córrego Cachoeirinha. Elaboração e orgs: a autora.	97
Figura 19 - Ilha de acumulação localizada no córrego Cachoeirinha. Acervo pessoal. Foto de março/2015.	99
Figura 20 – Restrições do terreno ao uso urbano – áreas que drenam para o córrego Mãe Preta e terrenos que drenam para o córrego Cachoeirinha. Elaboração e orgs: a autora.	100
Figura 21 – Feições morfológicas e uso da terra em área drenada pelo do córrego Vila Industrial. Elaboração e orgs: a autora.	101
Figura 22 – Canal pluvial em concavidade de vertente localizado entre o uso de silvicultura e urbano. Acervo pessoal. Foto de março/2015.	102
Figura 23 – Limite urbano com a FEENA em vertentes que drenam para o córrego Vila Industrial. Acervo pessoal. Foto de março/2015.	103
Figura 24 – Limite da área urbana com terrenos para uso rural (pasto sujo) na baixa vertente que drena para o Ribeirão Claro, nas proximidades do córrego Vila Industrial. Acervo pessoal. Foto de março/2015.	103
Figura 25 – Restrições ao uso urbano nas proximidades do córrego Vila Industrial. Elaboração e orgs:	

a autora.....	104
Figura 26 – Construções em área de material superficial derivado da Formação Corumbataí, suscetível aos processos erosivos lineares. Terrenos próximos a planície de inundação do ribeirão Claro. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	104
Figura 27 – Representação das feições geomorfológicas e do uso da terra na área drenada pelo córrego Bandeirantes. Destaque para as formas de vale com fundo plano. Elaboração e orgs: a autora.....	106
Figura 28 - Trecho do córrego Bandeirantes apresentando área do paleocanal. Elaboração e orgs: a autora.....	108
Figura 29 – Paleocanal, trecho do canal assoreado do córrego Bandeirantes. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.....	108
Figura 30 - Depósitos tecnogênicos expostos em talude da APTF do córrego Bandeirantes (margem esquerda). Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.....	109
Figura 31 - Sulco erosivo modelado após chuva intensa em Novembro de 2013. Fonte: < http://www.guiarioclaro.com.br/materia.htm?serial=206001604&editoria=Cotidiano > . Acessado em 29/novembro/2013.....	110
Figura 32 – Anel viário localizado nas proximidades do córrego Bandeirantes. Acervo pessoal.....	110
Figura 33 – A seta vermelha aponta o setor de fundo de vale do Córrego Bandeirantes, indicando o sentido do escoamento fluvial. A seta preta indica a área ocupada pela UNESP e a seta cinza o Fórum. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	111
Figura 34 – Arruamento direcionado ao córrego Bandeirantes. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	111
Figura 35 – Área para uso de pasto na vertente esquerda do córrego Bandeirantes – entre o Conjunto Habitacional e o curso d’água. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	112
Figura 36 – Limites entre a FEENA à esquerda e o Conjunto Habitacional à direita. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	112
Figura 37 – Restrições do terreno drenado pelo Córrego Bandeirantes ao uso urbano. Elaboração e orgs: a autora.....	113
Figura 38 – Feições morfológicas e uso da terra no alto curso e médio curso do córrego Lavapés. Elaboração e orgs: a autora.....	115
Figura 39 – 1. Área de nascente aterrada do córrego Lavapés. 2 residências localizadas nas proximidades da nascente aterrada e 3 área alagável no médio curso do córrego Lavapés. Acervo pessoal. Foto de janeiro/2015.....	116
Figura 40 – Subsidência devido a rompimento de galeria pluvial. Fonte: Arquivo Histórico de Rio Claro.....	117
Figura 41 – Subsidência devido a rompimento de galeria pluvial em Dezembro de 2011. Fonte: Jornal Cidade de 18/12/2011.....	117
Figura 42- Restrições do relevo ao uso urbano no alto e médio curso do Córrego Lavapés. Elaboração e orgs: a autora.....	118
Figura 43 – Baixa declividade no centro da cidade. Fonte: http://www.jornalcidade.net/rio-claro/rio-claro/dois-dias-de-comecar-primavera-rio-claro-ja-registra-tarde-de-chuva/	119
Figura 44 - Trecho do centro da cidade: área de corte para via urbana (1); aterro em processo (2) aterro concluído (3). Fonte de imagens 1 < http://www.jornalcidade.net/rio-claro-noticias/?cat3=71497 > e Figura 2 < http://www.guiarioclaro.com.br/materia.htm?serial=151010303 >; Figura 3 – Acervo pessoal.....	120
Figura 45 – Feições morfológicas e uso da terra identificados no baixo curso do Córrego Lavapés. Organizado e elaborado pela autora.....	121
Figura 46 – Materiais oriundos do processo de drenagem urbana no leito do Córrego Lavapés, área	

subsequente ao trecho canalizado. Acervo pessoal. Março/2015.....	122
Figura 47 – Gabiões para contenção de talude localizado no baixo curso do Córrego Lavapés. Acervo pessoal. Imagem de Março/2015.....	123
Figura 48 - Foz do Córrego Lavapés na confluência com o Ribeirão Claro. Fonte: Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.	124
Figura 49 – Restrições ao uso urbano no baixo curso do córrego Lavapés. Organizado e elaborado pela autora.....	124
Figura 50 – Sulco erosivo localizado em terrenos que apresentam uso de pastagem desde 1988, em área de material superficial derivado da Formação Corumbataí (XLVII). Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	125
Figura 51 - Representação das feições geomorfológicas e uso da terra no centro da cidade e do bairro Saúde. Em destaque canal artificial localizado no bairro Saúde, no cenário de 2010. Organizado e elaborado pela autora	126
Figura 52 – Início do canal artificial localizado no centro da cidade. Acervo Pessoal. Foto de março/2015.....	127
Figura 53 – Trecho do canal artificial localizado no Bairro da Saúde. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.	127
Figura 54 – Vala que recebe as águas pluviais do canal artificial e direciona para o ribeirão Claro. Observe o tamanho da abertura para o escoamento da água. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.	128
Figura 55 - Queda de água pluvial na Avenida 29 ocorrida em 2012. Fonte: < http://www.jornalcidade.net/rioclaro/dia-a-dia/bairros/99140-Visconde-e-pontilhao-da-29-enfrentam-problemas-apos-chuva/ > Acessado em 27/Nov/2013.	128
Figura 56 - Representação das feições geomorfológicas e uso da terra na área drenada pelo córrego Conduta. Destaque para o fundo de vale com características deposicionais no cenário de 1972. Organizado e elaborado pela autora.	130
Figura 57 - Proximidades do curso fluvial canalizado do córrego Conduta apresentando depósitos de materiais tecnogênicos e indícios de processos erosivos acelerados. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.	131
Figura 58 - Trecho do córrego Conduta não canalizado apontando placas de contenção erodidos observados em janeiro/2014. Acervo pessoal.	131
Figura 59 – Vertente drenada pelo Córrego Conduta apontando ravinamento em janeiro/2014 e terraceamento para a contenção do processo, observado em agosto/2014. Acervo pessoal.	132
Figura 60 – Material superficial argiloso marrom arroxeadado, derivado da Formação Corumbataí em vertente que drena para o Córrego Conduta. Acervo pessoal. Foto de Março/2015.....	133
Figura 61 - Área urbanizada em planície de inundação e cursos d'água que deságuam no Ribeirão Claro. Acervo pessoal. Fotos de Outubro de 2012.....	133
Figura 62 – Pequeno curso d'água localizado na planície de inundação do ribeirão Claro. Acervo pessoal. Foto de março/2015.	134
Figura 63 – Cavidades nos arruamento em áreas de material coluvionar arenoso. Acervo pessoal. Foto de Março/2015.	134
Figura 64 – Restrição do relevo ao uso urbano nas proximidades do córrego Conduta. Organizado e elaborado pela autora	135
Figura 65 - Representação das feições geomorfológica e uso da terra do setor sudoeste da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.....	137
Figura 66 – Trecho do canal artificial localizado na Avenida Presidente Kennedy, setor sudoeste da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.	138
Figura 67 – Caimento antrópico (seta vermelha) contrário ao caimento topográfico natural (A); Canal	

artificial (B); Asfalto deteriorado em função da ação das águas correntes (C). Acervo pessoal: Fotos de março/2015.....	139
Figura 68 – Restrições ao uso urbano nas proximidades do aeroclube. Organizado e elaborado pela autora.....	140
Figura 69 – Baixa declividade nas proximidades do aeroclube. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	140
Figura 70 – Representação do uso da terra no setor sul da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.....	141
Figura 71 – Feições geomorfológicas identificadas no cenário de 2010 do córrego Itapuã. Destaque para o canal temporário localizado em trecho do médio curso do córrego. Organizado e elaborado pela autora.....	143
Figura 72 – Trecho do canal temporário do córrego Itapuã. Acervo pessoal. Foto de Março/2015...	144
Figura 73 – Lago artificial localizado no sul da área de estudo, nas proximidades da Rodovia Washington Luís. Acervo pessoal. Foto de março/2015.....	145
Figura 74 - Restrições ao uso urbano no setor sul da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.....	146

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Dinâmica Populacional de Rio Claro (SP) durante o período de 1826 e 1940. Fonte: TROPMAIR, 2008. Org.: a autora.....	61
Gráfico 2 - Crescimento populacional em Rio Claro/SP durante o período de 1960 até 2014. Fonte: COTTAS,1983; ZAINÉ, 1994; IBGE, 2010; SEADE, 2014. Org. A autora.....	61
Gráfico 3 – Porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.....	74
Gráfico 4 – Áreas que apresentam restrições legais. Elaborado pela autora.....	75
Gráfico 5 – Porcentagem de área ocupada pelo material consolidado.....	76
Gráfico 6 - Fragilidade do meio físico. Elaborado pela autora.....	78
Gráfico 7 - Extensão das feições antropogênicas identificadas na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.....	80
Gráfico 8 - Extensão dos dados topográficos identificados na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.....	81
Gráfico 9 - Evolução da área ocupada por cada classe de uso da terra no setor leste da cidade de Rio Claro. Elaboração e orgs: a autora.....	83
Gráfico 10 – Extensão das feições erosivas identificadas na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.....	83
Gráfico 11 - Área ocupada por lotes urbanos (em km ²). Elaboração e orgs: a autora.....	84
Gráfico 12 – Extensão da hidrografia. Elaboração e orgs: a autora.....	86
Gráfico 13 – Extensão dos dados referentes ao sistema fluvial. Elaboração e orgs: a autora.....	87
Gráfico 14 – Área ocupada por feições oriundas do sistema fluvial. Elaboração e orgs: a autora.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de declividade e cores correspondentes à representação dos declives. Fonte: Elaborado e organizado pela autora.	36
Quadro 2 - Procedimentos e ferramentas utilizadas para a elaboração da Carta de Declividade no ArcGIS. Elaborado pela autora.	38
Quadro 3 – Classes de declividade e distância horizontal. Fonte: Elaborado e organizado pela autora.	39
Quadro 4 – Chaves de interpretação, nomenclaturas e parâmetros de identificação das classes de uso da terra. Organização e elaboração: a autora.	47
Quadro 5 – Classificação dos níveis de fragilidade da declividade do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Elaboração e organização: a autora.	50
Quadro 6 – Classificação do nível de fragilidade da morfologia no setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Elaboração e organização: a autora.	50
Quadro 7 – Classificação do nível de fragilidade dos materiais inconsolidados do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). As características básicas dos materiais inconsolidados baseiam-se em Zaine (2000)	52
Quadro 8 – Classes de Fragilidade do Meio Físico do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Elaborado e organizado pela autora.	53
Quadro 9 – Menor e maior combinação indicativa de Fragilidade do Meio Físico do setor leste da cidade de Rio Claro (SP).	54
Quadro 10 – Exemplo de dinâmica de uso da terra identificado no setor leste da cidade de Rio Claro(SP).	55
Quadro 11 – Exemplo de sub-itens de dados vetoriais criados para combinações de uso da terra.	55
Quadro 12 – Classificação dos níveis de restrições ao uso urbano do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Vermelho: sulcos erosivos; Lilás: ravinamentos ou voçorocamentos pretéritos; Marrom: Presença de ravinas ou voçorocas atuais. Elaborado pela autora.	91
Quadro 13 - Níveis de alterações geomorfológicas decorrentes da ação antrópica na transição do uso rural para o uso urbano. Elaborado pela autora.	150

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA DE DECLIVIDADE DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP).....	165
APÊNDICE B - CARTA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP).....	166
APÊNDICE C – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1962.....	167
APÊNDICE D – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1972.....	168
APÊNDICE E – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1988.....	169
APÊNDICE F – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1995.....	170
APÊNDICE G – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 2010.....	171
APÊNDICE H – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1962.....	172
APÊNDICE I – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1972.....	173
APÊNDICE J – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1988.....	174
APÊNDICE K – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1995.....	175
APÊNDICE L – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 2010.....	176
APÊNDICE M – CARTA DE FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP).....	177
APÊNDICE N – CARTA DE RESTRIÇÕES DO RELEVO AO USO URBANO NO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP).....	178

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....	18
2.1 Breve contexto histórico dos assentamentos urbanos.....	18
2.2 As pesquisas sob a perspectiva da Antropogeomorfologia.....	21
2.3 Os efeitos da urbanização no sistema relevo conforme os pressupostos de Nir (1983)	24
2.4 Método de investigação baseado na Teoria Geral dos Sistemas	28
2.5 A representação cartográfica do relevo como técnica de análise histórico-evolutiva	30
3. AS TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS	35
3.1 Base cartográfica.....	35
3.2 Carta de declividade.....	35
3.3 Carta de cobertura de material inconsolidado.....	41
3.4 Cartas geomorfológicas	42
3.5 Cartas de uso da terra.....	44
3.6 Carta de fragilidade do meio físico.....	47
3.7 Carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano.....	54
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	57
4.1 Localização e breve contexto histórico.....	57
4.2 Aspectos Fisiográficos da Região.....	66
5. RESULTADOS OBTIDOS	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155

1. INTRODUÇÃO

A presença de populações em áreas que apresentam alto potencial ao desencadeamento de processos morfogenéticos constitui, na atualidade, um dos maiores problemas no território brasileiro. Conforme Amaral e Gutjahr (2011), estas questões demonstram a necessidade de planejamento prévio, gestão e/ou monitoramento que considere as características físico-ambientais do terreno. Sabe-se que a ocupação de tais áreas, além de expor a população aos processos naturais, pode induzir ou potencializar tais processos (escorregamentos, subsidência, erosão, enchentes, etc.).

Deste modo, considera-se que áreas que apresentam suscetibilidade natural à morfodinâmica devem ter o uso restrito. Ross (2005, p. 16) alerta para o fato de que, na natureza, é bem menor o custo da prevenção de acidentes através da elaboração de diagnósticos ambientais capazes de estabelecer prognósticos, norteando diretrizes de uso da terra, do que o custo de remediação de acidentes já estabelecidos.

Compreende-se que o conhecimento geomorfológico mostra-se necessário na elaboração de diagnósticos ambientais, visto que este tem buscado integrar as questões sociais às análises da natureza. Compreender a dinâmica do relevo e, portanto, apontar os setores que apresentam maior suscetibilidade, ou seja, diagnosticar terrenos que apresentam restrição ao uso antrópico é fundamental para evitar danos de ordem ambiental e/ou social. A aplicação deste conhecimento, portanto, volta-se para o planejamento, planos diretores municipais, bem como para os estudos de impactos ambientais (ROSS, 1998).

Conforme Argento (1995, p. 366), nos projetos de gerenciamento, os documentos cartográficos alicerçados nas bases geomorfológicas têm sido priorizados e, geralmente, vêm acompanhados de legendas que servem para subsidiar decisões no que se refere ao uso da terra.

A evolução tecnológica humana altera a forma de intervenção no sistema relevo, algumas vezes dinamizando os processos numa curta escala de tempo, ou seja, no tempo histórico (CASSETTI, 1994; NUNES, 2004). Para compreendê-la deve-se, de acordo com Rodrigues (1999), dentre outros fatores, considerar a história cumulativa bem como a dinâmica das intervenções antrópicas a partir das etapas de pré-perturbação, ou seja, desde as primeiras atuações, buscando compreender a influência destas sobre a morfodinâmica.

Além disso, para avaliar os efeitos da atuação antrópica sobre o sistema relevo, deve-se compreender o homem enquanto um agente geomorfológico (HOOKE, 2000, p. 843), devido a sua característica de modificador do sistema. Desta maneira, considera-se, para tais

estudos, a abordagem sob o viés da Antropogeomorfologia (RODRIGUES, 1999; GOUDIE, 1993, 2004) também denominado Geomorfologia Antrópica (NIR, 1983) ou Geomorfologia Antropogênica (SZABÓ et al, 2006).

A antropogeomorfologia consiste no estudo da interferência antrópica sobre o sistema relevo, modificando os processos geomorfológicos, tais como intemperismo, erosão, transporte e deposição (GOUDIE, 2004). Desde os séculos XVIII e XIX, estudiosos como Fabre e Surell já consideravam o poder dos seres humanos como agentes geomorfológicos, estudando inundações, assoreamento, erosão, associados ao desmatamento dos Alpes na Europa (GLACKEN, 1967 citado por GOUDIE, 1993).

Sabe-se que a intervenção do homem na natureza pode acelerar ou retardar os processos naturais. Neste viés, Nir (1983) compreende o homem enquanto um agente geomorfológico e afirma que quase todos os processos geomorfológicos encontram-se sob a influência da atuação antrópica, diferenciada no espaço ao longo do tempo histórico.

Assim, entende-se que um estudo que abarque a análise das formas do relevo, bem como os processos que ocorrem sobre estas, vinculados à indução ou potencialização de tais processos pelo uso antrópico faz-se necessário. De acordo com Goudie (2004, p.26) há situações em que, por não compreender o funcionamento do sistema geomorfológico natural, as “ações antrópicas podem alterar formas e processos e, assim, definir uma série de eventos que não foram antecipados ou desejados”.

A partir destas indagações, considerando as transformações intensas no sistema relevo ao longo do tempo, a área de estudo selecionada para a presente pesquisa consiste no setor leste da cidade de Rio Claro, localizada no Estado de São Paulo.

A cidade de Rio Claro, como a maioria das cidades médias do Estado, teve na década de 1970, um grande crescimento urbano em função da migração (CUNHA et al, 2009; ZAINÉ, 2000). A população do município em 1960 era de 59.843, atingindo em 2014 a quantidade de 192.460 pessoas (SEADE, 2014), ou seja, o contingente populacional mais que triplicou neste período de tempo. Desta forma, a cidade, que antes ocupava apenas o topo do interflúvio entre o rio Corumbataí e o ribeirão Claro, cresceu na direção destes vales, desencadeando problemas ambientais oriundos da ausência de planejamento urbano pautado nas características físicas do terreno.

De maneira geral, conforme Mendes (2004) e Jorge (2011), a urbanização acelerada dos últimos quarenta anos, vinculada ao mercado imobiliário e desprovida de planejamento pautado nas características físicas do terreno, propiciou a ocupação de áreas potencialmente instáveis.

Neste sentido, em Rio Claro, assim como em outras cidades médias do Estado de São Paulo, a implantação de loteamentos irregulares em terrenos em que a capacidade de suporte é incompatível com o uso, tem alterado consideravelmente os sistemas naturais. Conforme Braga (2003), o parcelamento indiscriminado do solo nas periferias urbanas é uma das principais fontes de problemas ambientais das cidades, pois seus efeitos podem ser irreversíveis.

Considerando estas questões, o objetivo principal desta pesquisa consiste em identificar e analisar as alterações geradas pela urbanização sobre as formas de relevo do setor leste da cidade de Rio Claro, por intermédio da cartografia geomorfológica histórico-evolutiva, baseada na abordagem Antropogeomorfológica. Compreendendo que o uso urbano é uma forma de apropriação do relevo como suporte (CASSETI, 2005) buscou-se, a partir da análise de tais alterações, avaliar as restrições do terreno a esse tipo de uso, considerando o histórico de dinâmica de uso da terra no intervalo de 48 anos, a fim de identificar a capacidade de suporte da área, estabelecida em níveis de restrição. Assim, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Identificar a morfologia da área a partir da elaboração de cartas geomorfológicas histórico-evolutivas (1962, 1972, 1988, 1995 e 2010). Tais mapeamentos permitem identificar as formas do relevo da área e, a análise conjunta destes, permite a dedução da morfodinâmica derivada da ação antrópica ao longo do tempo. Assim, considera-se que a análise histórico-evolutiva possibilita conhecer a gênese das alterações geomorfológicas derivadas de tal atuação;
- ✓ Identificar as alterações nos usos da terra, por meio de mapeamentos dos anos de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2010, analisando o contexto histórico-evolutivo da urbanização, bem como sua influência nas formas do relevo da área de estudo;
- ✓ Analisar a declividade da área de estudo, haja vista a influência da geometria do relevo nos processos decorrentes da ação gravitacional associada à hidrodinâmica sobre a morfologia;
- ✓ Avaliar a fragilidade do meio físico identificando áreas suscetíveis à dinamização dos processos morfogenéticos. Para isso, foram utilizados dados das cartas geomorfológicas, de declividade e de materiais inconsolidados.
- ✓ Apontar os níveis de restrição ao uso urbano a partir da identificação de terrenos legalmente restritos e, também, da integração dos dados de fragilidade do meio físico considerando a submissão deste à determinada dinâmica de uso da terra, no intervalo de 48 anos, registrados nos cinco cenários (1962, 1972, 1988, 1995 e 2010).

Neste contexto, intencionou-se, também, discutir o modelo de estágios evolutivos da urbanização propostos por Nir (1983) para o cenário internacional (período pré-urbano, período de construção e período urbano consolidado) no contexto da área de estudo.

Neste viés, compreende-se que a abordagem histórico-evolutiva deve considerar a dinâmica da intervenção antrópica desde o período de pré-perturbação, ou seja, o período pré-urbano, propiciando uma análise temporal das alterações concebidas por aquela sobre o sistema relevo.

O método que norteou o desenvolvimento da presente pesquisa foi a Teoria Geral dos Sistemas. Este método de análise considera o homem como um agente que interage com as formas do relevo – um agente modificador. Assim, entende-se que, conforme Christofolletti (1979), qualquer alteração no sistema em sequência será refletida por alteração morfológica, em virtude da busca por um novo equilíbrio. Desta forma, qualquer alteração na forma do relevo infere uma alteração no modo como os processos sobre o relevo se realizam.

Esta dissertação foi organizada em seis capítulos. O primeiro capítulo permite ao leitor integrar-se à temática desta dissertação, justificando a relevância desta pesquisa, apresentando os objetivos propostos e, também, os princípios metodológicos utilizados para atingir os resultados pretendidos.

O segundo capítulo abarca a fundamentação teórico-metodológica. Este capítulo faz um breve contexto histórico sobre os assentamentos urbanos, discutindo algumas das principais alterações deste tipo de uso no meio físico, compreendendo o homem como um agente geomorfológico (Antropogeomorfologia). Além disso, discute-se o modelo de Nir (1983) para avaliar os efeitos do processo de urbanização desde o “pré-urbano” ao “urbano desenvolvido”. Assim, esta pesquisa segue os princípios da Teoria Geral dos Sistemas, com ênfase aos sistemas controlados, visto que o homem modifica a distribuição de matéria e energia, modificando os processos. Por fim, discute-se a importância da cartografia geomorfológica como técnica de análise histórico-evolutiva.

No terceiro capítulo são descritas as técnicas cartográficas que foram utilizadas durante o desenvolvimento da pesquisa para a elaboração da carta de declividade, cartas geomorfológicas, cartas de uso da terra, carta de materiais inconsolidados, carta de fragilidade do meio físico e carta de restrição ao uso urbano.

O quarto capítulo apresenta as características da área de estudo, tais como a localização, contexto histórico e os aspectos fisiográficos. O quinto capítulo discorre acerca dos resultados obtidos nesta pesquisa. Após, tem-se as considerações finais no sexto capítulo, encerrando com as referências bibliográficas.

O entendimento da existência de uma relação intrínseca entre o sistema antrópico - no qual se inserem os fatores históricos, demográficos e político-econômicos – transformando os sistemas naturais – algumas vezes resultando em características artificiais, como os ambientes urbanos - são as bases que fundamentaram esta pesquisa, a qual compreende o homem enquanto um agente antropogeomorfológico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

2.1 Breve contexto histórico dos assentamentos urbanos

O homem integrou a paisagem natural nos primórdios de sua existência. No entanto, sua inteligência e capacidade de análise resultaram na criação de ferramentas e técnicas de sobrevivência. De acordo com Bennett (1939, citado por NIR, 1983), as ferramentas desenvolvidas pelo homem conferem resultado direto no seu avanço social, tecnológico e econômico. Este processo, associado à capacidade humana de inovação, propiciaram mudanças na relação homem – natureza.

Quando o homem passa a modificar os aspectos da natureza, se apropriando e transformando os recursos naturais em bens de consumo, insere-se como agente modificador. Isto ocorre porque o aumento populacional ocasionou o aumento de necessidades de matérias-primas oriundas do meio físico e, conseqüentemente, exigiu o aprimoramento de técnicas para esta finalidade.

A população urbana mundial era de quase 3% da população total em 1800 (WEITZ, 1973 citado por NIR, 1983). Em 2012 o contingente urbano atingiu 53% da população total, ou seja, 3,6 bilhões de habitantes ocupando áreas urbanizadas, conforme *The World Bank* (2013). A densidade populacional crescente no ambiente urbano envolve o aumento de área construída, a necessidade de energia, drenagem urbana, via de comunicação tais como arruamentos, ferrovias e estradas, bem como pavimentação e impermeabilização, inferindo na apropriação de recursos naturais para estas e outras necessidades.

A primeira forma de uso da terra desenvolveu-se para fins de agricultura e pastoreio durante o período Neolítico. De acordo com Liebmann (1973), datam da história antiga os primeiros escritos sobre evoluções de técnicas agrícolas e desenvolvimento dos primeiros núcleos urbanos, acompanhados de intervenções no sistema de drenagem para fins de abastecimento. A partir de então, a intensidade das intervenções antrópicas variou de acordo com o período histórico, dependendo dos aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo dos anos.

Conforme Liebmann (1973), documentos mais antigos contendo instruções de técnicas de irrigação agrícola (para lavouras organizadas em forma de terraços) foram feitas pelos sumérios. Esta civilização destacou-se entre os povos da antiguidade pela construção de canais de irrigação, barragens e diques. Os romanos são referenciados pela construção de um sistema de abastecimento urbano utilizando aquedutos e, também, técnicas de irrigação agrícola. Na Pérsia, foram construídos os “jubes”, galerias para transporte de águas fluviais,

instaladas com 5 a 10 metros de profundidade, para abastecer o assentamento urbano. Os egípcios destacaram-se pela criação de represas, diques, reservatórios e barragens para uso das águas durante o período de menor pluviosidade.

As primeiras obras de dejeção das águas pluviais e cloacais vinculadas aos assentamentos urbanos datam da Idade Antiga, realizadas pelos gregos, mesopotâmios e, sobretudo, os romanos, destacando-se a “cloaca máxima”, ainda em funcionamento em Roma (LIEBMANN, 1973; BUTLER; DAVIES, 2004, p. 6).

As alterações antrópicas podem, até mesmo, ter causado a ruína de algumas civilizações antigas. Liebmann (1979, p. 83) descreve que apesar de estarem localizados em áreas de clima tropical, os Maias teriam abandonado suas cidades, provavelmente, pela “carência de água e a erosão do solo, ocasionada pela derrubada da mata virgem primitiva”.

Na Idade Média, as áreas urbanas eram ocupadas de forma socialmente estratificada. A população mais abastada residia na alta vertente e a população desfavorecida ocupava a baixa vertente, expostas às inundações periódicas e reutilização das águas, acarretando condições de vida insalubres (BAPTISTA et al, 2005, p. 16).

Nas cidades medievais as águas eram extraídas de poços construídos ou de águas subterrâneas, por meio de caçambas ou com o auxílio de bombas manuais. A pavimentação das ruas das cidades medievais iniciou-se em meados de 1185, primeiramente em Paris, seguido de Praga (1331), Nuremberg (1368), Basileia (1387), dentre outros (LIEBMANN, 1973).

Roche (1990) afirma que as alterações antrópicas durante a Idade Média resultaram na poluição das águas fluviais, contaminação dos lençóis freáticos, destruição de vastas áreas florestais, reduzindo-se, consideravelmente, as vazões das águas superficiais e subterrâneas.

A Idade Moderna foi marcada por transformações técnicas. Roche (1990) constata que, por ocasião da redução das vazões das águas superficiais ocorrida na França, entre 1639 e 1660, aumentou-se o rendimento das bombas de captação de águas, exigindo políticas públicas para controle do uso das águas de domínio público e privado.

Desta forma, compreende-se que há tempos os ambientes urbanos têm modificado não apenas os terrenos em que ocorrem tais assentamentos, mas também os cursos d'água. Além disso, sabe-se que o homem distingue-se de outros seres vivos pela sua capacidade de manter a população em crescimento constante, principalmente após a revolução científica e tecnológica impulsionadas por medidas sanitaristas. Neste sentido, Drew (2005, p. 16) enfatiza que os avanços nas técnicas industriais, agrícolas e medicinais nos últimos duzentos anos multiplicaram as taxas de expansão demográfica. Conseqüentemente, a demanda por

recursos naturais também cresceu.

Com o crescimento das cidades, áreas como as várzeas inundáveis foram ocupadas, sendo que o uso de tais áreas instáveis distingue-se pelo poder aquisitivo da população residente. Tucci (2009, p. 621) enfatiza que a população com maior poder aquisitivo tende a ocupar os locais seguros, ao contrário da população carente, exposta à inundação, com consequentes problemas sociais que se repetem por ocasião de cada cheia.

Do ponto de vista geomorfológico, a urbanização representa uma das mais profundas modificações humanas no meio ambiente, já que seus efeitos atingem áreas além da área urbanizada. Neste sentido, ainda que a área urbana ocupe uma reduzida porcentagem de área da bacia, as alterações no regime do rio poderão ser intensas e abranger amplos espaços da bacia hidrográfica. “Por exemplo, as alterações hidrológicas iniciadas na parte urbanizada de uma bacia hidrográfica podem produzir efeitos à montante e à jusante, possivelmente modificando o funcionamento de toda a bacia” (DREW, 2005, p. 177).

A drenagem urbana inicia-se em edificações com os coletores pluviais ligados à rede pública, passa pela drenagem superficial das sarjetas que recebe a parcela superficial das águas das ruas, calçadas, pátios e outras áreas impermeáveis ou permeáveis que geraram escoamento superficial. O escoamento proveniente das sarjetas, que entra na rede através dos bueiros, e o proveniente dos coletores residenciais são drenados pelos condutos pluviais que alimentam os condutos secundários até os principais sistemas compostos de pequenos rios (arroios, riachos ou ribeirões) que compõem a drenagem urbana (PORTO et al, 2009, p 822). Os resultados da urbanização sobre o escoamento das águas pluviais são: aumento da vazão máxima e do escoamento superficial e redução do tempo de pico (TUCCI, 2009 p. 623).

Ainda, no caso do sistema relevo, a urbanização atua na modificação da topografia (através de cortes e aterros), bem como na morfodinâmica, atuando na modificação do sistema hidrológico e de remobilização de materiais tanto em superfície quanto em subsuperfície. Tais fatores implicam na modificação da morfogênese: o processo que anteriormente era desencadeado por fatores naturais passa a ser desencadeado em função de alterações antrópicas. Assim, a ordem cronológica dos processos também é alterada, visto que diversas feições antropogênicas são desencadeadas em curtos intervalos de tempo.

Apesar do uso antrópico acarretar mudanças no sistema geomorfológico ao longo do tempo, a antropogeomorfologia enquanto um ramo de estudos da geomorfologia foi cientificamente aceita a partir de 1978, conforme Haigh (1978, citado por NIR, 1983), depois de diversas pesquisas e eventos científicos acerca das influências antrópicas no sistema terrestre.

2.2 As pesquisas sob a perspectiva da Antropogeomorfologia

Considera-se que a humanidade se interrelaciona com o sistema ambiental e o modifica. A antropogeomorfologia tem o objetivo de avaliar tais modificações no sistema relevo. Assim, seus estudos dependem dos aspectos sociais, históricos, demográficos, econômicos e iconográficos da humanidade. A pesquisa antropogeomorfológica deve, portanto, conforme Nir (1983), considerar:

1. As modificações antrópicas estabelecidas pela sociedade - fator demográfico.
2. O intervalo de tempo em que estas atividades ocorrem - o fator histórico.
3. O aumento da capacidade do homem para modificar a paisagem pelas novas tecnologias e pelo investimento de capital - o fator econômico.
4. A crescente demanda e a necessidade de um melhor padrão de vida, que envolve ainda a intervenção em processos naturais - o fator socioeconômico.

No que se refere aos aspectos iconográficos, as obras de artes são relevantes formas de representação da realidade, sobretudo as pinturas históricas retratando dados geomorfológicos, algumas vezes em conjunto com os aspectos sociais. Trata-se de um ramo da geomorfologia ainda pouco explorado, porém com alguns estudos recentes como o de Moroz-Caccia (2012).

No meio científico, a compreensão do homem enquanto agente modificador tem evoluído ao longo dos anos. Lyell (1833, citado por PELLOGIA, 2005), relatava que a ação do homem era insignificante com relação às forças naturais, compreendendo o homem enquanto um agente nivelador.

A partir de suas pesquisas, Marsh (1894) reconheceu o homem como um agente perturbador da natureza, dando contribuições significativas no que se refere às alterações antrópicas, apontando a agricultura como principal causa de destruição das florestas.

Marsh (1894) faz menções à influência do homem no desmatamento de florestas, fato que desencadeia processos erosivos, acelerando o transporte de sedimentos para os leitos dos rios.

O trabalho de Woeikof (1901, citado por NIR, 1983), seguindo a tendência de Marsh, concluiu que o rápido desenvolvimento das metrópoles e a crescente necessidade de alimentos e matérias-primas ocasionam o desmatamento das florestas.

Fischer (1915 citado por NIR, 1983), adverte os geólogos do início do século XX, por não mostrarem interesse em jovens depósitos aluviais que poderiam ser de origem antrópica, para não abordar a interferência humana na natureza.

Sherlock (1922) discute as interferências antrópicas ocorridas no Reino Unido, ilustrando a extensão destas alterações na superfície. Assim, Sherlock (1922) afirma que o homem é um agente denudativo, citando ações antrópicas tais como mineração, que podem perturbar o substrato rochoso e mesmo os canais de drenagem, potencializando a ocorrência de vários processos, destacando-se o de subsidência. Além disso, o autor cita as alterações antrópicas nos processos deposicionais, inclusive com materiais artificiais em sua composição.

Pode parecer absurdo à primeira vista, falar de rochas feitas pelo homem, ainda se nos lembrarmos que para o geólogo uma rocha é qualquer substância sólida que entra na composição da crosta da Terra, vemos que muitas coisas artificiais, como aterros, lixões, minas de carvão ou massas de alvenaria, são abrangidos por esta definição (SHERLOCK, 1922, p. 190).

Como contribuição, Sherlock (1922) conseguiu fornecer estatísticas para os volumes de materiais extraídos e apresenta uma estimativa das taxas de erosão e sedimentação.

Jacks e Whyte (1939) abordaram a influência antrópica nos processos erosivos decorrentes do uso da agricultura (JACKS; WHYTE, 1939).

Em 1955, ocorreu em Princeton, nos Estados Unidos, o Simpósio Internacional intitulado "O Papel do Homem na mudança da face da Terra", sendo considerado um marco epistemológico. Organizado pela Fundação Wenner-Gren, o Simpósio foi um dos primeiros esforços interdisciplinares para entender as alterações causadas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente. Este reuniu diversos pesquisadores e resultou na organização de livro publicado por Sauer et al (1956). As considerações a respeito deste Simpósio encontram-se disponíveis no site da Universidade de Princeton (2014).

Golomb e Eder (1964) propõem, pela primeira vez, a definição conceitual de antropogeomorfologia para os estudos geomorfológicos das formas do relevo criadas pelo homem.

Brown (1971) compreende o homem como um agente geomorfológico que cria formas de dois modos: modificação direta, que o autor subdivide em proposital e incidental e modificação indireta. A modificação direta proposital refere-se, por exemplo, a criação de uma estrada em área de declive. Neste caso, a modificação direta incidental seria a ação das águas nesta estrada, formando um canal pluvial antrópico. O autor cita ainda o potencial geomorfológico antrópico dado o aprimoramento de suas técnicas de uso da terra. Além disso, a modificação do relevo é proporcionalmente maior com o aumento populacional.

Nir (1983) aborda os diferentes tipos de atividades antrópicas (mineração,

assentamentos urbanos, agricultura, etc), considerando também o contexto sócio-econômico, tecnológico e demográfico, pois considera que tais fatores determinam a intensidade da ação humana no sistema geomorfológico. Como contribuição, o autor propõe métodos de pesquisa e modelos para os estudos antropogeomorfológicos (NIR, 1983).

Na Universidade de Oxford (Estados Unidos da América), entre as décadas de 1990 e 2000, destacam-se os trabalhos de Goudie (1993, 1995, 2004, 2006). Em seus trabalhos, o autor enfatiza a interferência das mudanças climáticas no sistema relevo, alertando que as atividades humanas podem ter alterado o clima. Neste sentido, Goudie (1993) alerta para a necessidade de estudos geomorfológicos para previsão de tendências à longo prazo, considerando a sensibilidade e limites dos ambientes em escala local.

Ainda, nos Estados Unidos destacam-se, dentre outros trabalhos, os desenvolvidos por pesquisadores da *National Soil Survey Center*, com pesquisas desenvolvidas pela *Natural Resources Conservation Service* (NRCS, 2005), demonstrando a necessidade atual dos estudos referentes à antropogeomorfologia, inclusive apresentando propostas para nomenclaturas de feições antropogênicas.

Na Alemanha, trabalhos desenvolvidos no Instituto de Geografia da Universidade de Ruhr denotam a importância de tais estudos para o planejamento regional, como as pesquisas de Harnishmacher (2007) apresentando formas antropogênicas oriundas das atividades minerárias no distrito de Ruhr.

No Brasil, Rodrigues (1999, 2005, 2010) desenvolveu diversos estudos avaliando as consequências da urbanização na morfologia. A autora também propõe o aperfeiçoamento da metodologia antropogeomorfológica no contexto nacional. Dentre os principais resultados da aplicação e desenvolvimento dessa metodologia, Rodrigues (2010) destaca:

- a produção de mapas geomorfológicos retrospectivos e evolutivos, com conteúdos tradicionais da geomorfologia e conteúdos de indicadores da antropogeomorfologia para diversas escalas de abordagem;
- a proposição e a sistematização de quadro de indicadores para avaliação de mudanças, efeitos e impactos da urbanização no meio tropical úmido articulado aos sistemas mencionados;
- avaliação de impactos da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos em diversas escalas e para diversos recortes espaciais e temporais;
- a comprovação da relevância da abordagem geomorfológica e da emergente *antropogeomorfologia* para a identificação e mensuração do impacto humano no meio físico (RODRIGUES, 2010, p. 112).

Nesta pesquisa, optou-se por adotar a proposta de análise de Nir (1983) para ambientes urbanizados. Desta forma, as proposições deste pesquisador serão aqui destacadas.

Nir (1983) propõe categorias de pesquisa e modelos para os estudos antropogeomorfológicos. No que se refere as categorias de pesquisa, Nir (1983) classifica como:

- Investigação “antes” e “depois” da intervenção do homem – estudo histórico evolutivo;
- Investigação por simulação de um processo antropogeomorfológico – isolamento e investigação em ambiente artificial;
- Investigação de ambientes completamente artificiais – estimativas quantitativas (descarga de fluxo, volume de sedimentos, etc.);
- Investigação de comportamento sócio-econômico, uma vez que este afeta os processos antropogeomorfológicos – variabilidade do fator humano no tempo e no espaço.

O modelo de estudo para análise antropogeomorfológica dos ambientes urbanos proposto por Nir (1983) envolve uma análise histórica evolutiva dos estágios de desenvolvimento que são divididos em três fases distintas: a transição do pré-urbano para a fase inicial-urbana; a transição da fase inicial para o estágio de período de construção urbana; a transição deste para a fase urbana desenvolvida. Esta pesquisa teve como base esta sistemática de análise histórico evolutiva utilizando-se o modelo de estágios de desenvolvimento proposto por Nir (1983).

Conforme Jorge (2011), a aplicação do modelo de Nir (1983) para análise antropogeomorfológica no cenário urbano brasileiro consiste num grande desafio, haja vista que a maioria das cidades foi desprovida de planejamento e organização durante sua gênese; muitos setores urbanizados nas periferias das cidades encontram-se desprovidos de infraestrutura, acelerando os processos erosivos e a produção de sedimentos. Assim, considera-se relevante discutir o modelo proposto por Nir (1983) no contexto da cidade de Rio Claro.

2.3 Os efeitos da urbanização no sistema relevo conforme os pressupostos de Nir (1983)

De acordo com Nir (1983), inúmeras atividades exercem influências geomorfológicas sobre o meio ambiente e uma destas atividades é a urbanização. Esta modifica a área natural e constrói superfícies pavimentadas, perturbando assim o estado de equilíbrio do sistema local geomorfológico. Desta forma, há o interrompimento dos processos de formação do solo nas áreas edificadas e pavimentadas, há a formação de novos solos artificiais (em parques e jardins), há a redução dos recursos naturais e a reconstrução e regulação de bacias hidrográficas (KOTLOV, 1972, citado por NIR, 1983).

Conforme Nir (1983), o homem alcançou a capacidade técnica de alterar a topografia.

Difícilmente há hoje uma cidade que não alterou sua topografia original. O nivelamento do terreno causa a maior parte da erosão na fase de construção de um assentamento urbano.

As intervenções urbanas na topografia original ocorrem de três maneiras: pelo corte e redução do nível topográfico; por construir rampas e superfícies acima do nível topográfico original, o que aumenta a altitude; e na recuperação de áreas originalmente instáveis, tais como pântanos e brejos (NIR, 1983).

Os efeitos da urbanização consistem essencialmente na remoção da vegetação natural, a restrição da drenagem natural, importação e exportação acelerada de água de e para as áreas urbanas, alterando a topografia original, hidrografia e hidrologia. Estes efeitos devem ser discutidos para os três estágios distintos (SAVIANI, KAMMERER, 1961; WOLMAN, 1967; McPHERSON, 1969, citados por NIR, 1983) como segue:

- **1º estágio: A transição do pré-urbano para a fase inicial-urbana, ou período “sub-urbano”:** Nir (1983) considera que, neste estágio, o uso da terra ainda é predominantemente rural. O aumento das atividades econômicas resulta na remoção da vegetação e na construção de casas equipadas com água e instalações de esgoto. Os efeitos deste estágio são principalmente uma redução na evapotranspiração resultante da retirada da vegetação e um aumento na deposição de sedimentos oriundos da ação pluvial e nos córregos.
- **2º estágio: A transição da fase inicial-urbana para o estágio de meio-urbano, ou período de “construção urbana”:** Este estágio é caracterizado pela atividade de construção. Conforme Nir (1983), esta é a fase de demolição e de corte, remoção da camada superficial do solo, combinada com a construção de casas, pavimentação de ruas e a construção de bueiros. Os efeitos imediatos são o aumento da erosão no canteiro de obras e assoreamento a jusante dos cursos fluviais. Córregos existentes são assoreados pelo remodelado do terreno; a área de superfícies pavimentadas é aumentada. Tudo isso resulta em uma diminuição da infiltração e, evidentemente, em maior perigo de inundações, levando quantidades consideráveis de sedimentos, e entupimento de galerias de drenagem urbana.

No que se refere ao escoamento e vazão das águas correntes, Nir (1983) considera que o desenvolvimento urbano modifica dois elementos básicos: a taxa de infiltração e o intervalo de tempo percorrido pelas águas correntes. Ambos os fatores vão determinar a magnitude e o volume das águas num determinado período de tempo, variável de acordo com a quantidade de águas pluviais no espaço urbano. Neste sentido, o intervalo de tempo entre o pico das chuvas e a inundação resultante é diminuído como resultado da ausência de vegetação natural.

Mais tarde, este efeito se torna maior devido a instalação de galerias pluviais e o avanço destas para o canal principal.

No que se refere aos processos erosivos, Nir (1983) considera que a urbanização de qualquer área pode resultar no aumento da erosão (erosão antrópica).

O processo de sedimentação na fase inicial de urbanização foi estudado por Guy e Ferguson (1970 citados por NIR, 1983), em Kensington, Maryland. Os autores confirmaram o aumento da carga de sedimentos nos rios nesta fase. No final do período de construção, o canal de escoamento tornou-se mais amplo do que antes como o resultado tanto do aumento do escoamento superficial, quanto do aumento da carga de material grosseiro.

De acordo com Nir (1983), pode-se supor que as influências antrópicas nos processos erosivos são piores no período de "construção", mas como este período é limitado, verifica-se que seus dados não podem representar uma taxa média anual para a sedimentação geral causada pela urbanização. Parece que há relações mais complicadas que regem a erosão do solo do que a remoção da vegetação natural apenas; e devem ser considerados os diferentes graus de conservação do solo durante o período de construção.

- **3º estágio: A transição do meio urbano para a fase tardia-urbana, ou período "urbano desenvolvido"**: O período urbano desenvolvido é caracterizado por uma nova topografia. Superfícies são pavimentadas, ou então construídas, e são essencialmente impenetrável para a água sendo levada por sarjetas, bueiros ou galerias de drenagem. Mesmo no caso de gramados e jardins, a nova vegetação evita a exposição do solo nu. Este é um período em que o terreno está totalmente urbanizado, não havendo outros canais de escoamento a não ser o sistema de drenagem urbana. Nesta etapa, os picos de cheias nos canais fluviais a jusante da cidade tornam-se mais elevados, devido ao maior escoamento das superfícies pavimentadas; diminui a sedimentação porque o escoamento nas áreas urbanas carrega menor quantidade de materiais sólidos. A infiltração no lençol freático é reduzida, há danos causados pelas inundações nas áreas a jusante (NIR, 1983).

Em contraste com o período de construção, caracterizado por desnudação das áreas urbanas desprovidas de cobertura vegetal, o período de desenvolvimento urbano é caracterizado pela vedação do solo com superfícies impermeáveis. A infiltração limitada faz com que a taxa de infiltração em um ambiente urbano desenvolvido caia um sexto de seu valor comparado a uma área de floresta (LINDH, 1972 citado por NIR, 1983).

Além disso, o sistema de drenagem antrópico causa redução do tempo do pico de inundação. Este fenômeno, associado à infiltração limitada, num ambiente onde o sistema de

drenagem antrópico encontra o natural, mais inundações tendem a ocorrer (STRAHLER & STRAHLER, 1973 citado por NIR, 1983).

Apesar do aumento do escoamento superficial em comparação com o estágio pré-urbano, a produtividade de sedimentos decresce no período urbano desenvolvido. Estas duas características da drenagem urbana desenvolvida conferem uma condição de não-equilíbrio no curso d'água. Neste caso, pode ocorrer aumento dos processos erosivos em determinados setores, incluindo alargamento do canal fluvial. O mesmo efeito foi observado por Mosley (1975 citado por NIR, 1983) no Reino Unido: o rio Bollin, localizado em Midlands, anteriormente um córrego sinuoso, mudou ao longo de cerca de 30 anos para se tornar um canal reto, mais rápido.

Ainda, segundo Nir (1983, p. 128), a área urbanizada pode gerar as seguintes modificações no sistema hidrológico local:

1. Importação de água de outras bacias hidrográficas para as necessidades urbanas.
2. Exportação de água por escoamento artificial.
3. Diminuição de infiltração pela limitação de superfícies permeáveis, resultando em menor disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos.
4. Esgotamento dos recursos de subsuperfície causado pela intensiva extração para fins urbanos;

Quando a água é importada de longe - como é o caso de Paris, Nova Iorque, Singapura e outras cidades - o efeito da urbanização é considerável. Bacias hidrográficas distantes são privados parcialmente de sua água e seu equilíbrio hidrológico é perturbado. Não só grandes concentrações metropolitanas, mas também comunidades menores podem afetar as bacias hidrográficas de que tiram a sua água (NIR, 1983, p. 128).

Powell et al. (1970 citado por NIR, 1983) delineou os meios necessários para alcançar melhor gestão dos processos geomorfológicos urbanos:

- Desenvolvimento adequado para as condições físicas do terreno, de modo a perturbar o mínimo possível.
- Reduzir tanto quanto possível a duração e a extensão da desnudação de áreas construídas.
- Proteger a vegetação natural, minimizando a sua remoção, tanto quanto possível.
- Cobrir solos perturbados, especialmente nas encostas, com folhas, grama ou qualquer outra vegetação.
- Retardar o escoamento superficial e a erosão por meios mecânicos, como terraplenagem e terraceamento.

- Gerenciar o aumento do escoamento artificial nas valas e canais de concreto.

Neste viés, compreende-se que a abordagem histórico-evolutiva deve considerar a dinâmica da intervenção antrópica desde o período de pré-perturbação, ou seja, o período pré-urbano, propiciando uma análise completa das alterações concebidas por essa sobre o sistema relevo. Esta análise antropogeomorfológica e as orientações seguindo os princípios da teoria geral dos sistemas permitiram a compreensão das alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste de Rio Claro (SP).

2.4 Método de investigação baseado na Teoria Geral dos Sistemas

As bases que fundamentam esta pesquisa estão atreladas à Teoria Geral dos Sistemas, com ênfase ao princípio de sistema controlado, considerando o homem como um agente modificador, capaz de condicionar as entradas e saídas de matéria e energia do sistema.

A Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida nos EUA tendo sua primeira aplicação na termodinâmica, por R. Defay, em 1929. Porém, foram as pesquisas de Ludwing Von Bertalanffy a partir de 1932, na biologia, que ampliou as proposições desta teoria, contribuindo com a formulação básica de aplicabilidade universal (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Strahler (1950 citado por CHRISTOFOLETTI, 1979), fazendo menção às pesquisas de Bertalanffy, introduz o uso da teoria geral dos sistemas na geomorfologia. Hack (1960, citado por CHRISTOFOLETTI, 1979) também faz uso da teoria geral dos sistemas nas bases de criação da teoria do equilíbrio dinâmico. Para a geografia física, a contribuição maior é a obra de Chorley e Kennedy (1971, citado por CHRISTOFOLETTI, 1979).

No que se refere a este método de pesquisa, vários autores propuseram definições para „sistema“. Considera-se importante a definição delineada por Miller (1965, p. 200 citado por CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 1), que constata que “um sistema é um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra „conjunto“ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou depende do estado das outras unidades.”

Drew (2005, p. 21) afirma que “um sistema é um conjunto de componentes ligados por fluxos de energia e funcionando como uma unidade”. Desta maneira, o conjunto organiza-se em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assuma a função de um todo que é maior que a soma de suas partes.

Um sistema é composto por matéria, energia e estrutura. A matéria é o material que

será mobilizado através do sistema. A energia é a força que vai movimentar esta matéria. A estrutura refere-se aos elementos que compõem os sistemas e suas inter-relações – o arranjo dos seus componentes (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Conforme Drew (2005, p. 26), os sistemas oscilam em torno de uma situação média, ou seja, o estado conhecido como equilíbrio dinâmico. A intensidade das alterações que impõem a quebra deste equilíbrio depende primeiramente da energia aplicada neste sistema por um agente (por exemplo, pelo homem), e em segundo pelo grau de suscetibilidade à mudança ocorrida pela energia inicial aplicada.

Neste contexto, um rio pode ser considerado um sistema natural. A construção de uma barragem vai alterar sistemas de erosão, deposição e nível de base, dentre outros, alterando inclusive os processos que ocorrem nas vertentes que drenam para tais cursos d'água.

Os sistemas podem ser classificados de acordo com vários critérios. Nesta pesquisa optou-se pela utilização dos princípios abarcados pelos sistemas controlados. Estes, de acordo com Christofolletti (1979), são caracterizados pela ação humana associada aos sistemas de processos-respostas, ou seja, são formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em sequência, associados à ação antrópica. Os sistemas em sequência indicam o processo, enquanto o morfológico representa a forma, a resposta a determinado estímulo.

Christofolletti (1979) relata que a complexidade sistêmica é aumentada pela ação antrópica. Quando se examina a estrutura dos sistemas de processos-respostas, verifica-se que há certas variáveis sobre as quais o homem pode intervir modificando a distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em sequência, influenciando os processos antes naturais, consciente ou inadvertidamente. Deste modo, conseqüências podem ser atribuídas à intervenção humana. Por exemplo, ao modificar a capacidade de infiltração em determinada área, o homem pode produzir modificações consideráveis na densidade de drenagem.

A ação empregada para iniciar uma alteração no meio ambiente recebe o nome de desencadeamento (*trigger*). Embora todos os sistemas sejam cadeias com elos de força variável, também acontece de alguns sistemas naturais se desintegrarem com maior facilidade do que outros, com uma rápida e irreversível modificação em seu todo. Por exemplo, áreas mais suscetíveis à erosão podem ser irreversivelmente modificadas (DREW, 2005, p. 27).

Considerando estas questões, tem-se a modificação dos processos geomorfológicos tanto no ambiente urbano como além da área impermeabilizada, acarretando alterações ao longo da bacia hidrográfica. Isso ocorre através da criação de sistemas de drenagem artificial, impermeabilização do terreno, cortes e aterros, redução dos recursos naturais (uso das águas locais ou importadas de outras bacias hidrográficas, extração para materiais de construção,

uso de fontes de energia). Assim, as principais modificações oriundas do ambiente urbano ocorrem na topografia e no sistema hidrológico e hidrográfico (escoamento superficial e vazão das águas, sedimentação, erosão), acarretando alterações diretas na morfodinâmica, morfogênese e morfologia (NIR, 1983).

Ainda no que se refere à funcionalidade do sistema, compreende-se que os conjuntos de formas constituem-se em sistemas abertos, visto que há um auto-ajustamento (uma tendência ao estabelecimento do equilíbrio dinâmico) intrínseco à evolução das formas do relevo, por intermédio dos processos que nele ocorrem. Assim, compreende-se que, conforme Gilbert (1880 citado por CHORLEY, 1971, p. 8) “um membro do sistema pode influir em todos os outros, cada um dos mesmos pode ser influenciado por qualquer outro. Há uma interdependência através de todo o sistema”.

Assim, compreende-se que este método de análise atende às proposições da presente pesquisa, visto que considera o homem como um agente que interage com as formas do relevo – um agente modificador. Entende-se que, conforme Christofletti (1979), qualquer alteração no sistema em sequência será refletida por alteração morfológica, em virtude da busca por um novo equilíbrio. Deste modo, qualquer alteração na forma do relevo acarreta uma alteração no modo como os processos sobre o relevo se realizam.

A cartografia geomorfológica de cunho histórico-evolutivo permitirá a dedução das alterações ocorridas no sistema relevo entre 1962 e 2010, oriundas da dinâmica da intervenção antrópica neste período de tempo.

2.5 A representação cartográfica do relevo como técnica de análise histórico-evolutiva

A representação cartográfica dos fenômenos que ocorrem no espaço geográfico tem contribuído significativamente tanto para a observação dos fenômenos instaurados sobre este, para dedução de processos envolventes, bem como para o planejamento de medidas paliativas, buscando minimizar ou restringir alterações ambientais. Neste viés, a cartografia geomorfológica tem muito a contribuir.

As cartas geomorfológicas são documentos complexos, dada a amplitude de informações que podem conter (morfometria, morfogênese, cronologia, morfografia). Tais informações dependem da escala da pesquisa, das técnicas utilizadas para a sua elaboração, bem como da finalidade deste documento cartográfico. Estas cartas são essenciais para a compreensão do sistema relevo, pois apresentam a distribuição dos fenômenos geomorfológicos no espaço geográfico. A análise da morfografia permite inferir os processos

que ocorrem sobre o relevo, sejam naturais ou induzidos pela atuação antrópica. Desta forma, é possível identificar setores cujas características impõem limites potenciais ao uso antrópico.

Na geomorfologia, a utilização da cartografia faz-se necessária como meio de representação gráfica e espacial dos objetos e fenômenos estudados, criando importantes documentos de análise e síntese. Os documentos de cunho geomorfológico são fontes e instrumentos de informação (FLORENZANO, 2008, p. 105).

Conforme Joly (1967, p. 205), por cartas geomorfológicas entende-se uma carta que possui “por objetivo a representação qualitativa, quantitativa e explicativa das formas do relevo”. Assim, deve conter elementos necessários para a descrição e compreensão do relevo, apresentando de maneira fiel o objeto real, respeitando a escala do documento.

Para Klimaszewski (1982, p. 267 citado por GUSTAVSSON et al, 2006, p. 91), "o mapa deve informar sobre a distribuição e correlação entre a aparência das formas, tamanho, origem, idade, ou seja, deve conter os dados morfográficos, morfogenéticos, morfométricos e morfocronológicos". Muitos pesquisadores também incluem a litologia. Isto significa que o mapa geomorfológico deve apresentar um inventário sistemático, conciso e científico para a compreensão das paisagens e do seu desenvolvimento.

Conforme Gustavsson (2006), as primeiras tentativas para a construção de mapas geomorfológicos – incluindo de fato todos os aspectos inerentes à geomorfologia – ocorreram no início do século XX. Em 1912, H. Gehne produziu um mapa geomorfológico descrevendo a estrutura do substrato, a morfografia e a morfogênese. Durante os anos 1920 e 1930 várias tentativas e propostas de mapas geomorfológicos foram publicadas. Durante o 18º Congresso da União Geográfica Internacional (IGU) no Rio de Janeiro, no ano de 1956, dois conceitos de mapeamento geomorfológico foram apresentados, resultando na criação da subcomissão para mapeamento geomorfológico. A tarefa para esta subcomissão era definir um método de mapeamento com o objetivo de uniformizar a cartografia geomorfológica. Naquele período, o objetivo dos mapas geomorfológicos eram de, junto com outros mapas temáticos, ter sua utilização orientada para o desenvolvimento e planejamento econômico em variadas escalas.

Depois de várias publicações e reuniões da subcomissão IGU, já na década de 1960, foram estabelecidos princípios para uniformização da cartografia geomorfológica detalhada, mas a unificação foi concluída apenas em 1968 para mapeamentos na escala média. Paralelamente ao trabalho da subcomissão IGU, o Instituto Internacional de Aerolevantamento e Ciências da Terra (ITC) também desenvolveu e publicou um sistema de mapeamento geomorfológico abrangente para uso internacional – obra de Verstappen e Zuidam datada de 1968. Entre 1970 e 1990, ambos os sistemas de mapeamento

geomorfológicos em escalas locais e regionais (entre escalas 1:10.000 e 1:100.000) foram utilizados em todo o mundo (GUSTAVSSON, 2006).

Contudo, conforme Gustavsson (2006), não houve nenhuma proposta de mapeamento geomorfológico universalmente aceita. Nestas últimas décadas emergiram abordagens diferenciadas para o mapeamento geomorfológico, com destaque para duas tendências: a primeira abordagem é a analítica, com conteúdos descritivos sobre gênese, morfografia, morfometria e cronologia; a segunda abordagem é a sintética, onde os dados geomorfológicos são apresentados combinados com outros parâmetros, tais como solos, vegetação e hidrologia. Para além destas duas abordagens, há também a pragmática, limitada apenas a informações geomorfológicas relativas a uma finalidade específica.

De fato, comparados aos demais documentos cartográficos temáticos, os mapas geomorfológicos apresentam um grau de complexidade maior, decorrente da dificuldade de se apreender e representar num ambiente bidimensional uma realidade tridimensional como as formas do relevo, bem como sua dinâmica e gênese. Assim, representar todos os elementos necessários para o entendimento do relevo em um único documento, conforme Cunha (2001, p. 5) é uma tarefa difícil, de modo que há uma diversidade de procedimentos técnicos. Esta variação ocorre em função das características da área de pesquisa, do objetivo do pesquisador e da escala utilizada.

Alguns pesquisadores europeus têm selecionado as unidades litológico-estruturais como elementos básicos de análise das formas de relevo; ou consideram a forma como unidade básica; ou tentam combinar diferentes abordagens. O fato é que os sistemas de mapeamento geomorfológico nem sempre incluem todos os aspectos do relevo (morfologia, gênese, morfodinâmica, morfocronologia) ou dão a estes elementos a mesma ênfase. Alguns incluem informações litológicas, de materiais inconsolidados ou de formação superficial (FLORENZANO, 2008, p. 107).

Há também autores, como Troppmair e Minich (1969), que consideram que o conteúdo das cartas morfológicas, morfogenéticas, morfométricas e cronológicas devem ser reunidos numa única carta sintética, uma vez que o objetivo da Geomorfologia é o estudo da inter-relação dos diversos fatos bem como de processos modeladores.

As técnicas para a elaboração dos mapas geomorfológicos são diversas e não há uma padronização da representação cartográfica. O único consenso entre os geomorfólogos refere-se ao conteúdo destes mapas, conforme aponta Ross (2005):

Fica claro que os geomorfólogos em geral são unânimes quanto a questão do conteúdo geral dos mapas. Independentemente da maneira de representação

gráfica que pode divergir entre as diversas linhas de trabalho, o fato é que em geral os mapas devem informar sobre os tipos de formas de relevo, gênese e idade. No entanto, o que parece mais problemático é a questão relativa a padronização ou uniformização da representação cartográfica, [...] pois não se conseguiu chegar a um modelo de representação que satisfaça os diferentes interesses dos estudos geomorfológicos (ROSS, 2005, p. 55).

É importante, portanto, salientar que a utilidade do mapeamento geomorfológico está relacionada à definição deste de acordo com os objetivos da pesquisa e as características da área a ser mapeada. Desta forma, permitem-se adaptações do que for necessário para que os objetivos possam ser atingidos.

Argento (2008, p. 366) afirma que as cartas geomorfológicas contribuem para a elucidação de diversos problemas, viabilizando a elaboração de cenários ambientais distintos, ou seja, possibilita uma abordagem histórico-evolutiva. Assim, tal estudo, propicia uma análise comparativa de cenários alterados pela atuação antrópica a partir do processo de ocupação do espaço, subsidiando o planejamento, mediante o diagnóstico dos problemas atuais bem como a prevenção de problemas futuros.

Para a elaboração das cartas geomorfológicas desta pesquisa, consideraram-se as proposições de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975).

Segundo os pressupostos de Tricart (1965, p. 187), as cartas geomorfológicas devem ser elaboradas a partir de dados levantados com o uso de fotografias aéreas do terreno. Segundo o autor (op. cit.), a fotointerpretação abarca uma série de dados imprescindíveis para a cartografia de detalhe. Apenas o estudo minucioso do terreno permite identificar corretamente as formas do ponto de vista dinâmico, essencial para essa escala, com a precisão desejada.

Verstappen e Zuidam (1975, p. 15), consideram que as fotografias aéreas aumentam a eficiência do levantamento geomorfológico visto que os fenômenos geomorfológicos aparecem nas fotografias aéreas em formas exatas podendo-se, ainda, complementar tais informações com dados morfométricos e litológicos. Desta forma, considera-se que muitas características da área de estudo podem ser identificadas de acordo com a escala de trabalho que será utilizada.

Neste contexto, as fotografias aéreas constituem-se de importantes fontes de informação e, portanto, adotadas para extração de dados em diversas pesquisas elaboradas na UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”).

As cartas elaboradas nessa pesquisa compõem o que Tricart (1965) concebe como escala espacial de quinta ordem de grandeza (com alguns quilômetros quadrados). Assim, as

formas do relevo caracterizam processos resultantes do que Tricart (1965, p. 85) considera como “jogo entre a litologia e a erosão diferencial”.

O foco da carta geomorfológica “de detalhe”, termo utilizado por Tricart (1965, p. 187), são os processos morfogenéticos e suas formas resultantes. Isso inclui, por exemplo, um leque aluvial, um terraço, uma duna, uma ruptura topográfica, etc. Assim, a morfogênese é representada pelo agrupamento das formas de acordo com sua origem (Fluvial, Antrópica, Estrutural).

Neste contexto, conforme Verstappen e Zuidam (1975, p. 15), a finalidade de um mapeamento geomorfológico é o de dar uma imagem concisa e sistemática do relevo e dos fenômenos ligados a este. Os mapas são instrumentos de grande valor na avaliação dos recursos naturais, devido à relação existente entre as características geomorfológicas e os demais fatores do meio ambiente. Para tanto, deve-se fazer uma análise completa que conduza ao conhecimento das características geomorfológicas da área, considerando a geologia, os condicionantes climáticos ou outros que predominem. Esses dados devem ser complementados com as informações acerca da gênese e cronologia do relevo, atentando também para a morfometria e morfologia.

Verstappen e Zuidam (1975, p. 15) propõem o sistema de mapeamento geomorfológico instituído pelo Instituto Internacional de Aerolevantamento e Ciências da Terra (ITC) como método analítico, visto que considera os aspectos morfométricos, morfográficos, morfogenéticos, morfocronológicos, litológicos e os processos morfológicos inerentes ao mapeamento geomorfológico. Assim, a interpretação de fotografias aéreas é ponto primordial para o levantamento dos dados.

Tricart (1965) propõe o sistema do Centro de Geografia Aplicada (CGA) como método analítico, pois permite a combinação correspondente às realidades geomorfológicas mais complexas que tem o objetivo de auxiliar o pesquisador na construção de um mapa que reflita com precisão seus resultados. No sistema CGA – Tricart, a escolha das simbologias é feita visando permitir a identificação rápida dos processos.

Verstappen e Zuidam (1975) atentam para o fato de que deve haver flexibilidade com as legendas, pois dependem das peculiaridades da área de estudo, das necessidades do geomorfólogo e também da finalidade da carta geomorfológica. Deste modo, para a elaboração da carta geomorfológica desta pesquisa consideraram-se as proposições dos autores apresentados, adotando-s adaptações necessárias no que se refere às simbologias utilizadas para a representação do relevo do setor leste da cidade de Rio Claro, conforme será explicitado nas técnicas cartográficas.

3. AS TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS

3.1 Base cartográfica

A base cartográfica utilizada nesta pesquisa foi adaptada da Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro, digitalizada por Rossetti (2007), na escala 1:10.000. Para a adaptação, utilizaram-se os softwares AutoCAD Map 2004 bem como o Arc GIS 9.2.

Esta base cartográfica digital foi utilizada para fins de georreferenciamento e vetorização dos dados morfográficos e de uso da terra, subsidiou a carta de declividade e permitiu a padronização dos documentos cartográficos que foram impressos na escala 1:15.000, com exceção da carta de restrições ao uso urbano, a qual adotou-se a escala 1:10.000. Cabe destacar que, dado a dinamicidade do ambiente urbano, as quadras foram digitalizadas de acordo com as fotografias aéreas, considerando o cenário mapeado (1962, 1972, 1988, 1995, 2010). Para o cenário de 2010 foram inseridas algumas quadras (visíveis nas fotografias aéreas, porém ausentes na Planta Cadastral).

3.2 Carta de declividade

A carta de declividade, segundo Cunha (2001, p. 42), “tem como objetivo quantificar a inclinação ou o declive do terreno”. A carta de declividade agrega informações que permitem ao leitor inferir, por exemplo, a dinâmica do escoamento superficial em dado espaço geográfico cartograficamente representado.

As classes de declividade foram estabelecidas de acordo com as características da área de estudo. Além disso, foram seguidos os parâmetros da lei 3806/2007, a qual consta da revisão do plano diretor do município de Rio Claro, bem como as leis complementares n° 081 referente ao parcelamento do uso do solo urbano e rural, e n° 082 de zoneamento urbano, aprovadas em 25 de setembro de 2013. Cabe destacar que ambas as leis complementares municipais fazem menção ao plano diretor de 2007, reiterando o vigor deste na legislação municipal.

Assim, houve a fragmentação dos valores inferiores das classes de declividade acrescentando o valor de $< 2\%$, pois os setores que apresentam esta característica de declive possuem um escoamento superficial incipiente, com concentração de águas pluviais – atributo relevante no planejamento urbano e característica expressiva na área de estudo.

O plano diretor da cidade de Rio Claro dispõe no artigo 34, parágrafo único:

Nas encostas com declive de 15% (quinze por cento) a 30% (trinta por cento), a disposição das quadras e o plano de arruamento deverão seguir as curvas de nível, alternando-se as quadras de forma que as vias que seguem o sentido do declive não sejam contínuas. (LEI MUNICIPAL 3806/2007)

Ainda, consta no artigo 44 inciso II da lei complementar nº 081/2013 que “os lotes localizados em trechos de vias com declividade superior a 15% e nas esquinas deverão apresentar testada mínima de 10 (dez metros), sendo vedado seu desdobro”. Além disso, as áreas destinadas ao uso institucional não deverão ter declividade superior a 15% (artigo 11 inciso IX).

Foram utilizadas ainda as instruções dispostas na lei federal 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (Lei Lehmann).

Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

Art. 3º Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidos pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.

Parágrafo único- Não será permitido o parcelamento do solo:

III- em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes. (BRASIL, 1979)

A carta de declividade permite que sejam diagnosticados setores potencialmente susceptíveis aos processos denudacionais – setores que apresentam maiores porcentagens de declives. Para melhor identificação, cada classe foi representada por uma cor, estabelecida de acordo com a rosa cromática, na qual as colorações mais intensas representam maiores declives. Assim, devido à escala da pesquisa e características da área de estudo, optou-se pelo detalhamento das classes inferiores e generalização das superiores, estabelecendo-se as classes expostas no quadro 1:

Classes de Declividade	Cor na Carta	Parâmetros de Análise
< 2%	Verde	Urbanização restrita – áreas inundáveis.
2 5%	Amarelo	Urbanização com baixa restrição quanto à áreas inundáveis.
5 15%	Laranja	Urbanização permitida; Limite para construção de áreas de uso institucional (15% de declive).
15% 30%	Vermelho	Urbanização restrita – traçado urbano deve seguir as curvas de nível e arruamentos devem ser descontínuos.
≥ 30%	Marrom	Uso restrito (Lei Federal 6.766/79).

Quadro 1 – Classes de declividade e cores correspondentes à representação dos declives. Fonte: Elaborado e organizado pela autora.

Definidas as classes de declividades e cores de representação elaborou-se a carta de declividade, utilizando-se o programa Arc GIS 9.2.

Para criar o MNT (Modelo Numérico do Terreno), foi elaborada primeiramente uma malha triangular ou TIN (*Triangular Irregular Network*). Trata-se de uma estrutura vetorial que cria uma topologia do tipo arco-nó, representando a superfície através de faces triangulares interligadas. Esta topologia é necessária para que o programa compreenda a área como três vértices triangulares armazenando coordenadas de localização (x, y) e o atributo z, inserindo o valor de elevação ou altitude (previamente inseridos como id (identidade da curva de nível – que é o valor respectivo de cada curva). “Quanto mais equiláteras forem as faces triangulares, maior a exatidão com que se descreve a superfície” (CÂMARA, G., 1998).

Assim, após a configuração do sistema de projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e Datum Córrego Alegre, importaram-se os arquivos necessários para a construção da carta, ou seja, os dados vetoriais de curvas de nível, hidrografia, pontos cotados e o limite da área de estudo.

Para a elaboração da carta de declividade são necessários alguns cuidados antes de criar a malha triangular (TIN) a fim de que os erros sejam minimizados (Quadro 2).

Procedimentos	Ferramentas Utilizadas
<p>Deve-se observar se os valores referentes às curvas de nível estão corretos. Cada curva deve ter seu valor correspondente identificado pelo programa. Caso os valores não estejam corretos, digite-os manualmente em cada curva de nível.</p>	<p><i>Edit → Identify.</i></p>
<p>Procurando minimizar os erros de borda, deve-se criar um buffer com limite de 5 metros além da área de estudo.</p>	<p><i>ArcToolbox window → Analysis Tools → Proximity → Buffer.</i> Pode-se utilizar também <i>Geoprocessing → Buffer.</i> Em <i>Input Features</i>, inseriu-se o vetor limite_área (que está na forma de polígono). Em <i>Output Feature Class</i>, selecionou-se a pasta onde o arquivo seria salvo e o nome do arquivo como limite_bacia_Buffer. Em <i>Distance</i>, escolheu-se <i>Linear Units</i> e digitou-se o valor (5 metros).</p>

<p>Recortar a área de estudo (considerando a área buffer).</p>	<p><i>ArcToolbox window</i> → <i>Analysis Tools</i> → <i>Extract</i> → <i>Clip</i>. Pode-se utilizar também <i>Geoprocessing</i> → <i>Clip</i>. Em <i>Input Features</i> foram adicionados cada um dos dados vetoriais utilizados para a elaboração da carta (pontos cotados, curvas de nível, hidrografia). Em <i>Output Features</i>, se adicionou o layer limite_bacia_Buffer. Em <i>Output Feature Class</i> selecionou-se uma <i>Feature Dataset</i> dentro do File Geodatabase.</p>
<p>Criando a malha TIN</p>	<p><i>3D Analyst</i> → <i>Create TIN From Features</i>. Em <i>Create TIN From Features</i>, foram selecionados os arquivos vetoriais “curvas_mestras_clip” e “curvas_intermediarias_clip”. Em <i>Settings for selected layer</i> foram selecionados os comandos <i>Height source</i> → <i>Elevation</i>; <i>Triangulate as</i> → <i>hard line</i>.</p>
<p>As classes de altitude que foram automaticamente criadas pelo ArcGis podem ser reclassificadas, com intervalos previamente definidos pelo usuário.</p>	<p><i>Properties</i> → <i>Symbology</i> → <i>Elevation</i>. Após, devem ser realizados os seguintes procedimentos: em <i>Classification</i>, escolher o intervalo de classes. Em <i>Classify</i>, escolher <i>Manual</i> em <i>Method</i>. Em seguida, digitar os novos valores em <i>Break Values</i>. Esses procedimentos resultam em um mapa temático de classes hipsométricas, haja vista que considera a altitude enquanto atributo.</p>
<p>Utilizando o TIN para criar a carta de declividade</p>	<p><i>Layer Properties</i> → <i>Symbology</i> → <i>add</i>. Em <i>Add Renderer</i>, selecionou-se <i>Face slope with graduated color ramp</i> → <i>Add</i> → <i>Dismiss</i>. A declividade foi gerada em graus (<i>degree</i>). Em <i>classification</i> optou-se pela seleção dos intervalos das classes em graus, utilizando o comando <i>classify</i> → <i>manual</i>. Para a elaboração da legenda, fez-se a conversão de unidade de ângulo em graus para valores em porcentagem (1,27°=2%; 3,18°=5%; 9,47°=15% e 18,55°=30%).</p>

Quadro 2 - Procedimentos e ferramentas utilizadas para a elaboração da Carta de Declividade no ArcGIS.
Elaborado pela autora.

É importante ressaltar que o programa generaliza a declividade de muitos setores como topos, fundos de vale e áreas que apresentam crenulações nas curvas de nível. Neste

sentido, recomenda-se aos trabalhos que apresentam escalas detalhadas a utilização das edições aqui propostas, visto que a carta de declividade permite a observação de setores que apresentam suscetibilidade a determinados processos naturais, diagnóstico importante para estabelecer critérios para o uso da terra. Neste contexto, as generalizações impostas pelo programa ArcGIS podem gerar dados errôneos, prejudiciais ao processo de planejamento.

Assim, foi construído um ábaco, visando uma representação mais próxima da realidade da área de estudo. Para a construção deste, a fim de editar a carta de declividade da área, utilizaram-se os pressupostos teóricos de De Biasi (1970, 1992), os quais afirmam que, através da análise da equidistância das curvas de nível e do espaçamento entre as curvas, é possível obter a declividade.

Outrossim, foram consideradas as adaptações propostas por Sanchez (1993), ou seja, para áreas envolvidas por uma mesma curva de nível (como fundo de vale e topos), foi utilizado o ábaco complementar, calculado pela metade do valor da equidistância das curvas de nível. Desta forma, “[...] o resultado obtido representa uma aproximação mais objetiva e melhor sustentada [...]” (SANCHEZ, 1993, p. 312).

Conforme De Biasi (1970), as cartas de declividade são consideradas documentos básicos para o planejamento visto que permitem, por intermédio da representação pela coloração, a melhor visualização das porcentagens de declives, realçando as áreas de declividades homogêneas. Segundo De Biasi (1992), os dados de declividade, em porcentagem, podem ser obtidos através da seguinte fórmula:

$$D = \frac{N}{E} \times 100, \text{ onde:}$$

D= declividade (em porcentagem);

N= equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);

E= espaçamento entre as curvas de nível (distância horizontal).

Utilizando desta fórmula, criaram-se o ábaco com as respectivas medidas horizontais (Quadro 3).

Classes de Declividade	Distância Horizontal (ábaco)	Distância Horizontal (ábaco complementar)
< 2%	< 250 metros	< 125 metros
2 - 5%	100 - 250 metros	50 - 125 metros
5 - 15%	33,33 - 100 metros	16,66 - 50 metros
15 - 30%	16,66 - 33,33 metros	8,33 - 16,66 metros
≥ 30%	> 16,66 metros	> 8,33 metros

Quadro 3 – Classes de declividade e distância horizontal. Fonte: Elaborado e organizado pela autora.

Nesta pesquisa, adaptou-se o ábaco proposto por Simon e Cunha (2009) para uso no ArcGIS. Para a elaboração do ábaco com as medidas da distância horizontal, primeiramente deve-se ativar a ferramenta *Draw*, no ArcGIS. Selecionou-se a ferramenta círculo. Após, criou-se círculos com as referidas medidas no *layout Data View*. Para inserção das medidas utilizou-se a tecla esquerda do mouse no referido círculo e selecionou-se *properties*. Na aba *Size and Position* inseriu-se, nos dados de *size*, a medida da distância horizontal. Na aba *symbol* selecionou-se a cor representativa de cada classe de declividade, por exemplo: 250 metros é o limite da distância horizontal da classe 2-5%. Os dados de *size* (em metros) são 250 e a cor representativa desta classe de declividade é o amarelo.

Ao concluir a edição todos os círculos foram alinhados no centro (Figura 1) utilizando os comandos *Drawing – Order - Bring to Front* e *Send to Back*. Após estes procedimentos os círculos foram agrupados utilizando a ferramenta *Drawing – Group*.

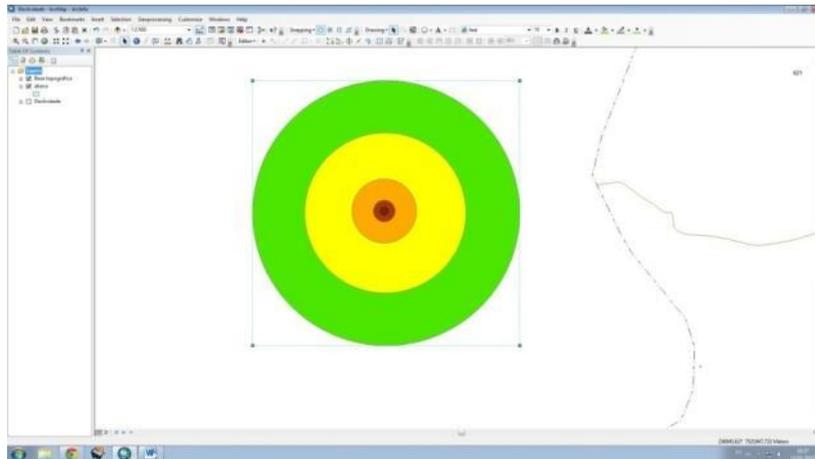


Figura 1 – Ábaco criado para edição da carta de declividade no ArcGIS. Elaboração: a autora.

Para a edição da carta de declividade, foram criados arquivos vetoriais das respectivas classes e, utilizando o comando *Edit*, os setores generalizados foram corrigidos (Figura 2).

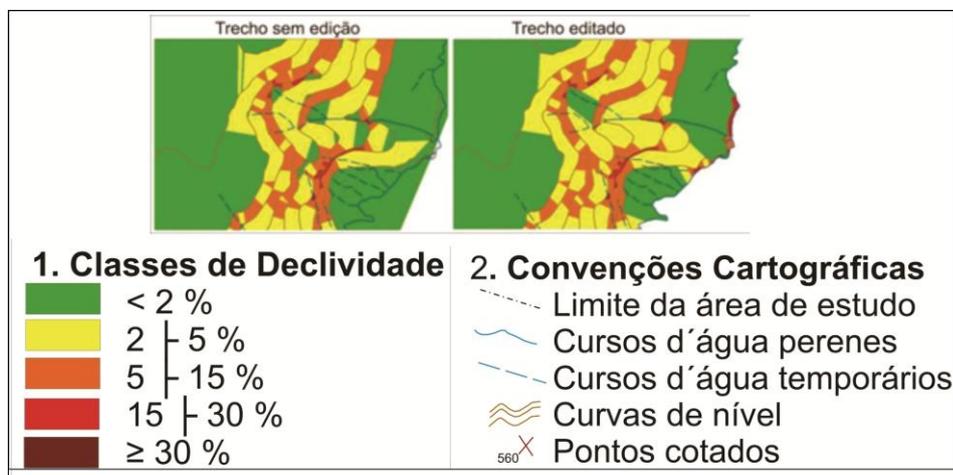


Figura 2 - Amostra de trecho da carta de declividade sem edição e com edição. Elaboração: a autora.

Ainda, cabe destacar que o ábaco criado mostrou-se compatível com a carta de declividade gerada automaticamente no programa ArcGIS, visto que as distâncias estimadas entre as curvas de nível pela malha TIN mostraram-se congêneres às distâncias do ábaco.

Entender os processos que ocorrem no sistema de relevo urbano é importante para estabelecer políticas urbanas adequadas, embasadas nas características dos terrenos e sua morfodinâmica. Neste sentido, a qualidade e veracidade dos documentos cartográficos são necessários para nortear as tomadas de decisões das políticas públicas.

Assim, a elaboração da carta de declividade não é um processo fácil. É necessário conhecer o terreno da área de estudo buscando maior aproximação da realidade e exatidão nos dados obtidos a partir de tais documentos cartográficos. Desta maneira, é possível fazer as correções necessárias nos documentos cartográficos de detalhe que visam subsidiar a gestão urbana.

A carta de declividade produzida nesta pesquisa foi utilizada como fonte de dados durante a elaboração da carta de fragilidade do meio físico. Dada as características morfométricas do terreno da área de estudo, a carta de declividade permitiu a dedução da ação das águas correntes, tornando-se dispensável a elaboração de outros documentos morfométricos como fonte de dados para identificação de setores suscetíveis.

3.3 Carta de cobertura de material inconsolidado

De acordo com Zuquette e Gandolfi (2004), compreende-se como materiais inconsolidados todos os materiais derivados de formações geológicas, residuais e retrabalhados (coluvionares) que ocorrem desde a rocha sã até a superfície.

Assim, materiais inconsolidados distintos foram individualizados por Zaine (2000) e identificados durante o trabalho de campo, a saber: 1. material argiloso marrom arroxeadado (derivado da Formação Corumbataí); 2. material residual coluvionar argiloso (derivado da Formação Serra Geral); 3. material coluvionar arenoso, 4r material residual amarelo, 4c material coluvionar amarelo (derivados da Formação Rio Claro); 4h material hidromórfico argiloso, 5 material arenoso e argiloso, 6 material coluvionar/hidromórfico, 6a material predominantemente arenoso (derivado da ação das águas correntes).

Os dados da carta de materiais inconsolidados elaborada por Zaine (2000) foram compilados para esta pesquisa. Foram feitos trabalhos de campo na área de estudo para reambulação dos dados.

3.4 Cartas geomorfológicas

As cartas geomorfológicas foram construídas a partir da interpretação de fotografias aéreas referentes aos cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e ortofotos do cenário de 2010.

Os pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizados na fotointerpretação dos cenários de 1962 e 1972 com escala aproximada 1:25.000 foram disponibilizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O cenário de 1988 foi registrado pelo TerraFoto S/A e possui escala aproximada de 1:40.000. O cenário de 1995 na escala aproximada de 1:25.000 foi concedido pela Base Aerofotogrametria. Essas fotos foram obtidas a partir do acervo do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (UNESP – Rio Claro), com exceção da fotografia Faixa 06 Foto 007 pertencente ao cenário de 1995, adquirida através da empresa Base Aerofotogrametria.

A fotointerpretação do cenário de 2010 foi feita a partir de ortofotos disponibilizadas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA) na escala 1:1.000. Tais imagens foram previamente ortorretificadas pela empresa, conforme o MDS (Modelo Digital de Superfície), buscando maior exatidão planialtimétrica.

As simbologias propostas por Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) atenderam parcialmente às necessidades da pesquisa. Cabe ressaltar que, devido as características da área de estudo, foram utilizadas também simbologias de acordo com as considerações de Rodrigues (2005) e Silveira (2009) no que se refere às feições antropogênicas.

No que se refere à fotointerpretação, esta foi realizada diretamente no programa computacional Arc GIS 9.2. Para tanto, foram geradas imagens em três dimensões utilizando o método Anáglifo. Tais imagens foram geradas a partir da sobreposição digital de pares estereoscópicos de fotografias aéreas utilizando o aplicativo StereoPhoto Maker, conforme as indicações de Souza e Oliveira (2012).

O aplicativo seleciona as áreas semelhantes, gera a sobreposição formando uma nova imagem com cores complementares (vermelho e azul-esverdeado), que deve ser nomeada e salva em pasta específica para utilização futura. A nova imagem, quando visualizada com óculos especiais de lentes coloridas (óculos 3D), provoca a percepção de profundidade, ou seja, permite a visualização da terceira dimensão do terreno pelo usuário.

Cabe ressaltar que o programa apresenta restrições quanto à sobreposição e alinhamento dos pares estereoscópicos de fotografias aéreas. As bordas das imagens apresentam distorção, dificultando o alinhamento das imagens, porém, estas podem ser corrigidas manualmente pelo usuário, utilizando os comandos *position* e *rotation* (SOUZA;

OLIVEIRA, 2012).

As fotografias aéreas dos cenários de 1962, 1972, 1988 e 1995 apresentam distorções que variam do centro (próximo da realidade do terreno) para as bordas (maior distorção da realidade) referentes ao voo, às condições de tempo, natureza do material utilizado, etc. Tal fator influenciou na qualidade do alinhamento das imagens tanto no que se refere ao alinhamento das quadras quanto ao alinhamento dos setores de fundo de vale. Assim, realizou-se a fotointerpretação a partir do uso do estereoscópio de bolso em alguns setores, conforme a necessidade. Observa-se que, apesar do avanço das tecnologias, o uso do estereoscópio de bolso prevalece como melhor opção para a extração de dados durante a fotointerpretação. Apesar desta questão, considera-se que a utilização do software permitiu a otimização do tempo para a elaboração das cartas geomorfológicas, sendo, portanto, importante para a pesquisa.

As imagens geradas no aplicativo StereoPhoto Maker – com visualização da terceira dimensão, foram georreferenciadas de acordo com a base cartográfica no software Arc GIS 9.2. As técnicas de criação de simbologias das feições identificadas no sistema relevo foram realizadas de acordo com as considerações de Paschoal, Conceição e Cunha (2010).

Desta forma, para cada simbologia é criado um arquivo vetorial específico (linha de cumeada suave, fundo de vale em v, fundo de vale plano, vertente côncava, vertente convexa, etc). Após, utilizando o comando *editor*, com o auxílio dos óculos 3D, os dados relevantes obtidos na fotointerpretação foram cartografados, considerando a escala da pesquisa.

O software apresenta algumas restrições quanto à criação de cartas geomorfológicas. A elaboração da legenda automática é incipiente e confusa, de maneira que deve ser feita separadamente em outro *software*. Assim, nesta pesquisa, optou-se pela elaboração comandada pelo usuário, utilizando o software Corel Draw.

Outra restrição refere-se à morfografia: o tamanho da feição é modificado de acordo com o *zoom* dado pelo usuário. Assim, a feição deve ser mapeada de maneira detalhada, porém deve ser representada por símbolo cujo tamanho tem que ser definido na escala de impressão utilizada.

O Arc GIS 9.2 permite a quantificação de dados representados por polígonos e por linhas, possibilitando um diagnóstico quantitativo da área de estudo, importante na análise da carta geomorfológica, dado seu viés técnico e prático para a gestão ambiental.

Para a realização do mapeamento de 2010, as ortofotos referentes a esse cenário contendo o SIRGAS2000 como sistema de referência, foram georreferenciadas de acordo com a base cartográfica no software Arc GIS 9.2 com Datum Córrego Alegre a fim de padronizá-

lo com os demais documentos cartográficos construídos. As técnicas utilizadas para a espacialização da morfografia também seguiram as orientações de Paschoal, Conceição e Cunha (2010).

Apesar da impossibilidade de realizar a estereoscopia das imagens referentes ao cenário de 2010, a identificação das feições foi facilitada pela escala das ortofotos (1:1.000). Os dados MDS permitiram a visualização das rupturas topográficas, caimentos topográficos e caimentos antrópicos (áreas que sofreram cortes ou aterros modificando o caimento topográfico ou a dinâmica de escoamento superficial, comuns nos ambientes urbanizados). Apesar do cenário de 2010 aproximar-se do atual (2015), foi realizada extensa reambulação desse mapeamento por meio de trabalhos de campo.

3.5 Cartas de uso da terra

Para esta pesquisa foram elaboradas as cartas de uso da terra referente aos cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2010.

As cartas de uso da terra foram elaboradas a partir das considerações de Ceron e Diniz (1966). Assim, considera-se que a fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas permite maior confiabilidade na coleta de dados referentes às formas de uso da terra, por serem elaborados a partir da identificação de parâmetros de chaves de interpretação, tais como coloração, textura, forma da parcela, altura, espaçamento, dimensão e arranjo espacial, ou seja, considerando as características espectrais e espaciais do objeto identificado durante a fotointerpretação.

Desta maneira, os dados extraídos a partir da fotointerpretação foram agrupados em classes de uso da terra estabelecidas conforme as orientações da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006).

O Levantamento do Uso e da Cobertura da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando a sua classificação e espacialização através de cartas. (IBGE, 2006, P. 20).

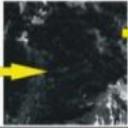
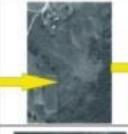
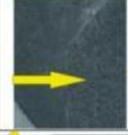
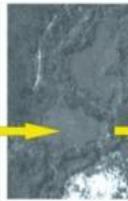
De acordo com o IBGE (2006), o levantamento das informações deve ser: conciso, de acordo com a escala da pesquisa; com o material que será utilizado para a coleta de dados; com a diversidade e formas de agrupamentos dos dados coletados; e com o uso de nomenclatura padrão para as classes de uso da terra.

As cartas de uso da terra foram construídas utilizando o software Arc GIS 9.2. Inicialmente foram identificadas e estabelecidas as classes de uso. Após, foram criados arquivos vetoriais denominados de acordo com cada classe pré-estabelecida. Utilizando o comando *Editor*, elaborou-se a carta de uso, considerando as características superficiais de uso do terreno.

Os parâmetros de identificação e nomenclaturas foram estabelecidas de acordo com o quadro 4.

1995		2010		Uso	Características
				Aeroclube	Área de ensino e prática de aviação civil e desportiva, com uso exclusivo para aviões de pequeno porte (monomotores).
				Área Industrial	Compreende áreas de uso industrial, localizadas nas proximidades das áreas urbanizadas.
				Áreas verdes urbanas	São áreas de cobertura arbórea localizadas na área urbana. Tratam-se de praças e áreas de lazer.
	ausente			Cana	São áreas ocupadas pela cana de açúcar.
				Cemitério	Local utilizado para sepultamento de cadáveres.
				Citrus	Áreas ocupadas pelo plantio de frutas cítricas (laranja, mexerica, etc).
				Cobertura herbácea	Cobertura vegetal de pequeno porte devido a influência antrópica, tratando-se de vegetação secundária. Localiza-se na área urbana, constituindo-se de gramíneas.
				Construções rurais	Edificações localizadas na área rural.
				Cultura anual	Áreas ocupadas com cultura de ciclo vegetativo anual ou inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio.
				Lotes edificados	Compreende área de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais. Considera-se agrupados nesta nomenclatura os lotes edificados da cidade, áreas ocupadas por estabelecimentos comerciais e áreas residenciais, bem como instituições comuns em ambientes urbanos.
				Lotes sem edificação	Compreende área destinada às edificações futuras. Apresentam sistema viário e dispõe-se em quadras que serão loteadas – apresentam arruamentos, porém não há edificação presente.

Quadro 4 – Chaves de interpretação, nomenclaturas e parâmetros de identificação das classes de uso da terra. (continua).

Chaves de Interpretação			
1995	2010	Uso	Características
		Mata	Abrange as formações vegetais de grande porte arbóreo e densidade elevada. Localizam-se próximo aos cursos fluviais. Insere-se nesta nomenclatura a floresta de galeria (faixa de vegetação que abrange todo o fundo aluvial dos vales) bem como as matas localizadas na média e alta vertente, próximas às cabeceiras de drenagens.
		Pasto limpo	Áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas pelo domínio de espécies de gramíneas.
		Pasto sujo	Áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Constituem-se de áreas que apresentam predomínio de vegetação herbácea e, espaçadamente, a presença de cobertura de porte arbustivo.
		Silvicultura	Áreas destinadas ao cultivo de eucalipto. Nestas, são executadas a implantação, composição, trato e cultivo de várias espécies vegetais do gênero Eucalyptus, com o objetivo de fornecer matéria-prima para a indústria madeireira.
		Solo exposto	Correspondem as áreas desprovidas de vegetação e sem uso passível de ser definido.
		Vegetação herbácea	Formações que sofrem influência de oscilação do lençol freático, com ocorrência próxima ao curso fluvial (Ribeirão Claro). Trata-se de uma vegetação de pequeno porte - Comunidades Aluviais (IBGE, 2006).

Quadro 4 – Chaves de interpretação, nomenclaturas e parâmetros de identificação das classes de uso da terra. Organização e elaboração: a autora.

3.6 Carta de fragilidade do meio físico

Esta carta foi elaborada segundo as proposições de Ross (1994, 1995, 2001) com adaptações devido as características da área de estudo. Segundo Ross (1995), a carta de fragilidade do meio físico é uma carta síntese, fruto da integração de dados do terreno, permitindo a identificação de ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidades potenciais e emergentes. Ross (2001) entende que os ambientes naturais apresentaram níveis de fragilidade potencial. Os ambientes intensamente modificados pelas intervenções antrópicas apresentaram níveis de fragilidade emergente.

A área de estudo sofre com as pressões do sistema antrópico pelo uso urbano, industrial e, também, rural. Assim, os diferentes níveis de fragilidade foram identificados considerando-os como níveis de fragilidade emergente.

Ao diagnosticar a suscetibilidade do terreno, a carta de fragilidade do meio físico contribui para a definição de diretrizes e ações públicas. Conforme Ross (1995, p. 73), “as áreas onde os graus de fragilidade forem mais baixos favorecem determinados tipos de inserção, já nas áreas mais frágeis exigem ações tecnicamente mais adequadas a essas condições”. Deste modo, este documento é importante para esta pesquisa, visto que seus dados foram utilizados na elaboração da carta de restrições ao uso urbano. Dada a aplicabilidade deste produto durante o processo de planejamento, Ross (1995) considera que quanto mais detalhada for a escala, melhor é o grau de aprimoramento dos resultados.

Como carta síntese, este documento fornece informações dos componentes do meio físico de forma integrada, sintética, de maneira que o produto final representa áreas homogêneas no tocante à fragilidade do meio físico. Dadas as características do terreno e os objetivos da pesquisa, optou-se por elaborar a carta de fragilidade do meio físico a partir dos seguintes parâmetros, ordenadamente:

- *Restrições legais ao uso antrópico*: Este dado elucida os terrenos que apresentam restrição ao uso da terra do ponto de vista da legislação ambiental.

No que se refere às restrições legais, a área de estudo contém trechos de Floresta Estadual, áreas de preservação permanente e pequenas áreas com restrição ao parcelamento do solo para fins urbanos, devido à declividade. Deu-se atenção especial às áreas de preservação permanente, visto que o estudo histórico-evolutivo permitiu identificar nascentes que foram aterradas, hidrografias canalizadas e modificações nos cursos fluviais em função das atividades antrópicas.

- **Área de preservação permanente (APP)**: Na área de estudo, foram identificadas as seguintes áreas, conforme a legislação vigente:
 - ◆ No entorno de lagos e lagoas em zonas urbanas, conforme o inciso III do artigo 4 da Lei Federal nº 12.651/2012, “as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de 30 (trinta) metros em zonas urbanas” (BRASIL, 2012).
 - ◆ Nas faixas marginais dos cursos d’água e áreas de entorno das nascentes e olhos d’água, segundo o artigo 4 da Lei Federal nº 12.651/2012, alterado pela Lei Federal nº 12.727/2012 (BRASIL, 2012):

I - Em zonas rurais ou urbanas, nas 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 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura.

IV - Em zonas rurais ou urbanas, nas áreas no entorno das nascentes e dos

olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

- **Parcelamento do solo para fins urbanos:** Foram observadas áreas que apresentam declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), conforme o inciso III do artigo 3 da Lei Federal nº 6766/79 (BRASIL, 1979):

Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes (BRASIL, 1979).

- **Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA):** Área tombada através da Resolução da Secretaria da Cultura s/nº, de 9 de dezembro de 1977 e com diretrizes estabelecidas pelo artigo 17 da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que também, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. O Decreto nº 46.819, de 11 de junho de 2002, transformou o Horto Florestal Edmundo Navarro de Andrade e todo seu acervo histórico, científico e cultural, localizado nos Municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, estabelecendo os critérios para gestão e conservação.

A FEENA foi delimitada considerando o seu Plano de Manejo, conforme Reis et al (2005). De acordo com o plano, o limite da zona de amortecimento na sua face oeste limita-se com a área urbana da cidade de Rio Claro.

As áreas de preservação permanente foram delimitadas através da análise de distância (*buffer*). Para este procedimento, foram consideradas as hidrografias canalizadas, paleohidrografias e a hidrografia atual, visto que todas possuem menos de 10 metros de largura. Assim, utilizou-se o valor de 30 metros para definir o *buffer* de distância, delimitando a APP. Para delimitar a área de preservação permanente no entorno das nascentes, considerou-se o valor de 50 metros, tanto para as nascentes atuais quanto para as nascentes que foram aterradas.

Para criar o *buffer* de distância, selecionou-se o menu *Geoprocessing* e, em seguida, clicou-se em *Buffer*. Em *Input Features* selecionou-se o arquivo vetorial desejado (hidrografia atual, hidrografia canalizada, paleohidrografia, nascente atual ou nascente aterrada). Em *Distance*, selecionou-se *Linear unit* e inseriu-se a medida desejável em metros.

Após a inserção dos dados de áreas legalmente restritas ao uso antrópico, foram estabelecidos critérios de classificação de fragilidade dos dados contidos na carta de declividade, na carta geomorfológica e na carta de materiais inconsolidados considerando-se a capacidade do terreno ao uso urbano.

- *Carta de declividade*: Permite ao leitor a dedução da dinâmica de escoamento superficial das águas. Neste contexto, no caso da área de estudo, apresenta áreas susceptíveis aos processos morfogenéticos seja pela ação gravitacional ou pela ação das águas correntes.

No que se refere classificação de fragilidade dos dados de declividade, considerou-se que os terrenos que apresentam declives inferiores a 2% (Quadro 5) caracterizam-se por escoamento superficial incipiente. Assim, estes setores necessitam de políticas públicas direcionadas para uma drenagem urbana eficiente.

CLASSES DE DECLIVIDADE (%)	CLASSIFICAÇÃO DE FRAGILIDADE
< 2 %	Médio - 3
2 - 5 %	Fraco - 2
5 - 15 %	Médio - 3
15 - 30 %	Forte - 4
≥ 30 %	Muito Forte - 5

Quadro 5 – Classificação dos níveis de fragilidade da declividade do setor leste da cidade de Rio Claro (SP).
Elaboração e organização: a autora.

- *Dados morfológicos extraídos das cartas geomorfológicas (1962, 1972, 1988, 1995 e 2010)*: Apontam setores susceptíveis aos processos morfogenéticos, pois permite a identificação de feições que, no caso da área de estudo, estão vinculadas a processos erosivos lineares e áreas sujeitas a alagamentos e inundações.

No que concerne aos dados morfológicos, as áreas foram selecionadas e classificadas de acordo com a suscetibilidade à ação das águas correntes, associadas ou não à ação gravitacional, conforme o período de ocorrência da feição identificada. Além disso, foram classificados os terrenos alagadiços próximos aos cursos d'água e que não foram abrangidos pela área de preservação permanente (Quadro 6).

DADOS MORFOLÓGICOS	CLASSIFICAÇÃO DE FRAGILIDADE
Ausência de feições erosivas	Fraco - 1
Áreas com sulcos erosivos em 1962, 1972	Moderado - 2
Áreas com sulcos erosivos em 1962, 1972, 1988	Moderado - 3
Áreas com sulcos erosivos em 1962, 1972, 1995	Forte - 4
Áreas com sulcos erosivos em 1962, 1972, 1988, 1995	Forte - 5
Áreas que sofreram voçorocamentos ou ravinamentos pretéritos	Muito Forte - 6
Áreas que apresentam voçoroca; ravinas e sulcos atuais	Muito Forte - 7
Terrenos alagadiços localizados fora da área de preservação permanente	Muito Forte - 8

Quadro 6 – Classificação do nível de fragilidade da morfologia no setor leste da cidade de Rio Claro (SP).
Elaboração e organização: a autora.

- *Carta de cobertura de materiais inconsolidados*: Os dados de material superficial são relevantes, pois revelam a capacidade de suporte do terreno aos processos morfogênicos.

Os materiais inconsolidados (Quadro 7) foram classificados de acordo com a suscetibilidade natural imposta pelas suas características básicas.

CARTA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS		
CLASSES DE MATERIAL INCONSOLIDADO	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS (Fonte: ZAINE, 2000)	CLASSIFICAÇÃO DE FRAGILIDADE
4r. MATERIAL RESIDUAL – DERIVADO DA FORMAÇÃO RIO CLARO	Amarelo, acinzentado, marrom, avermelhado, arenoso, laterítico. Pode apresentar espessura de até 10 metros, com capacidade do nível de água subterrânea profunda (>10m, podendo chegar a 25m). Os registros mais marcantes nesta unidade são de abatimento associados a vazamento de tubulações enterradas, que podem ser atribuídos a um comportamento normal deste material.	1
4c. MATERIAL COLUVIONAR – DERIVADO DA FORMAÇÃO RIO CLARO	Material amarelo acinzentado, areno-argiloso localizado na média encosta do Córrego Lavapés.	2
2. MATERIAL RESIDUAL COLUVIONAR ARGILOSO – DERIVADO DA FORMAÇÃO SERRA GERAL	Marrom escuro avermelhado. Pode apresentar blocos e lajes de diabásio. Material de baixa suscetibilidade à erosão. A presença de grandes blocos e lajes de rocha sã pode acarretar problemas de escavabilidade.	3
3 MATERIAL COLUVIONAR ARENOSO – DERIVADO DA FORMAÇÃO RIO CLARO	Marrom avermelhado laterítico, associado às vertentes de meia encosta. Esta unidade tem como característica marcante a suscetibilidade à erosão linear.	4
1. MATERIAL ARGILOSO MARROM ARROXEADO – DERIVADO DA FORMAÇÃO CORUMBATAÍ	Pouco espesso (<1,5 metros), podzólico a litólico. Profundidade do nível da água subterrânea raso, material de comportamento plástico pouco adequado para aterros.	5
4h. MATERIAL HIDROMÓRFICO ARGILOSO	Possui material orgânico associado, com ocorrência ao longo dos corpos d'água. Material com plasticidade elevada, com baixa capacidade de suporte. Pode estar associado com minas d'água.	6
5. MATERIAL ARENOSO E ARGILOSO	Cores cinza claro a escuro, hidromórfico com material orgânico associado; em alguns pontos há níveis turfosos de até 50 cm de espessura. Ocorre em áreas de baixa encosta associado a áreas de nascentes atuais ou antigas. Material com plasticidade elevada, com baixa capacidade de suporte.	6

6. MATERIAL COLUVIONAR / HIDROMÓRFICO	Associados às planícies aluvionares de inundação. Áreas planas com alternância (tanto na horizontal como na vertical) de argilas e areias, com espessura estimada de 3 a 5 metros. Nível de água subterrânea <2 metros de profundidade. Áreas sujeitas a cheias periódicas. São áreas de proteção de mananciais e abastecimento público na bacia do Ribeirão Claro, a montante da captação do ETA. Ocorrência de meandros abandonados.	6
6A. MATERIAL DOMINANTEMENTE ARENOSO	Depósitos de material que dispõem-se em formas de leques, em áreas de confluência de drenagens e em corpos alongados paralelos aos cursos d'água. Material heterogêneo predominantemente arenoso, com espessuras máximas de 1 a 2m, podendo conter fragmentos de materiais diversos provenientes principalmente da área urbana (concretos, cerâmicas, etc). associados a processos erosivos a montante e indicam locais de mudanças da energia de transporte dos cursos. Alteram a dinâmica fluvial e o seu ecossistema. Podem comprometer a captação de água para abastecimento público em quantidade e qualidade.	6

Quadro 7 – Classificação do nível de fragilidade dos materiais inconsolidados do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). As características básicas dos materiais inconsolidados baseiam-se em Zaine (2000)

Os materiais inconsolidados caracterizados com nível de fragilidade 6, apesar de serem distintos, localizam-se próximos aos cursos d'água e, portanto, sofrem as oscilações anuais do nível do lençol freático (períodos de maior e menor pluviosidade), tratando-se de áreas suscetíveis a ação das águas correntes. Assim, considera-se que tais setores são impróprios ao uso urbano, adotando-se a maior valoração de fragilidade correspondente.

Os dados de declives, feições morfológicas e de materiais inconsolidados foram sobrepostos utilizando-se o software ArcGIS. As sobreposições eram avaliadas manualmente e as combinações dos indicadores determinavam a classe de fragilidade do meio físico (Figura 3). Assim, os *layers* foram ativados conjuntamente e os setores foram avaliados visualmente. Deste modo, as áreas foram determinadas pelo usuário utilizando-se da análise multicritério, enquanto as sobreposições norteavam a vetorização, utilizando-se o comando *Edit* para edição dos polígonos das classes correspondentes (Quadro 8).

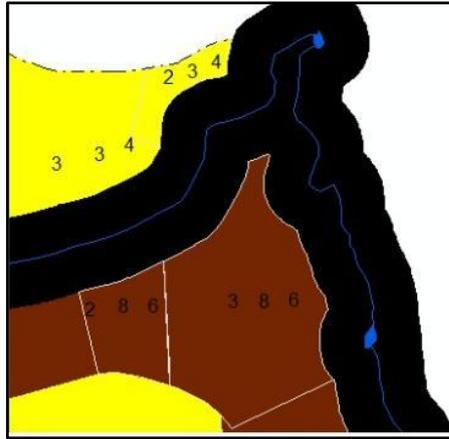


Figura 3 – Amostra de trecho da área de estudo agregando valores de referência de declividade; dados morfológicos e materiais inconsolidados.

FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO								
CLASSES DE FRAGILIDADE	COMBINAÇÕES DOS INDICADORES DE FRAGILIDADE (declividade; morfologia; materiais inconsolidados)							CORES
FRACO	2.1.1	2.1.2	2.2.1	2.2.2	2.1.3	2.3.1		VERDE
MÉDIO	2.1.4	2.1.5	2.1.6	2.2.3	2.2.4	2.2.5	2.2.6	AMARELO
	2.3.2	2.3.3	2.3.4	2.3.5	2.4.1	2.5.1	2.5.2	
	2.5.3	2.6.1	2.7.1	3.1.1	3.1.2	3.1.3	3.1.4	
	3.1.5	3.1.6	3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.2.4	3.2.5	
	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.4.1	3.4.2	3.4.3	
	3.5.1	3.5.2	3.6.1	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.1.4	
	4.1.5	4.2.1	1.2.2	4.2.3	4.2.4	4.3.1	4.3.2	
	4.3.3	4.4.1	4.4.2	4.5.1	5.1.1	5.1.2	5.1.3	
	5.1.4	5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.3.1	5.3.2	5.4.1	
	FORTE	2.3.6	2.4.2	2.4.3	2.4.4	2.4.5	2.4.6	
2.5.5		2.5.6	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	2.6.6	
2.7.2		2.7.3	2.7.4	2.7.5	2.8.1	2.8.2	2.8.3	
2.8.4		3.2.6	3.3.5	3.3.6	3.4.4	3.4.5	3.4.6	
3.5.3		3.5.4	3.5.5	3.5.6	3.6.2	3.6.3	3.6.4	
3.6.5		3.7.1	3.7.2	3.7.3	3.7.4	3.8.1	3.8.2	
3.8.3		4.1.6	4.2.5	4.2.6	4.3.4	4.3.5	4.3.6	
4.4.3		4.4.4	4.4.5	4.4.6	4.5.2	4.5.3	4.5.4	
4.6.1		4.6.2	4.6.3	4.6.4	4.7.1	4.7.2	4.7.3	
4.8.1		4.8.2	5.1.5	5.1.6	5.2.4	5.2.5	5.2.6	
5.3.3		5.3.4	5.3.5	5.3.6	5.4.2	5.4.3	5.4.4	
5.4.5		5.5.1	5.5.2	5.5.3	5.5.4	5.6.1	5.6.2	
5.6.3		5.7.1	5.7.2	5.8.1				
MUITO FORTE	2.7.6	2.8.5	2.8.6	3.6.6	3.7.5	3.7.6	3.8.4	MARROM
	3.8.5	3.8.6	4.2.6	4.5.6	4.6.5	4.6.6	4.7.4	
	4.7.5	4.7.6	4.8.3	4.8.4	4.8.5	4.8.6	5.1.5	
	5.1.6	5.4.6	5.5.5	5.5.6	5.6.4	5.6.5	5.6.6	
	5.7.4	5.7.5	5.7.6	5.8.2	5.8.3	5.8.4	5.8.5	
	5.8.6							

Quadro 8 – Classes de Fragilidade do Meio Físico do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Elaborado e organizado pela autora.

Os critérios de classificação consideraram o menor valor 4 (quatro) e o maior valor 19 (dezenove) correspondendo à soma dos valores de fragilidade do meio físico (Quadro 9). Assim, a somatória variando entre 4 e 6 integram a classe “fraca”; 07 a 10 compõem a classe “média”; entre 11 e 14 caracterizam a classe “forte” e, finalmente, entre 15 e 19 determinam a classe “muito forte”.

	Declividade	Morfologia	Materiais Inconsolidados
Menor combinação: indicativa de Baixa Fragilidade	2 † 5% Classificação de fragilidade: 2	Ausência de feições erosivas Classificação de fragilidade: 1	4r Material residual derivado da Formação Rio Claro Classificação de fragilidade: 1
Maior combinação: indicativa de Fragilidade Muito Alta	≥ 30% Classificação de fragilidade: 5	Terrenos alagadiços localizados fora da área de preservação permanente. Classificação de fragilidade: 8	4h material hidromórfico argiloso; 5 material arenoso e argiloso; 6 material coluvionar hidromórfico; 6a material dominantemente arenoso; Classificação de fragilidade: 6

Quadro 9 – Menor e maior combinação indicativa de Fragilidade do Meio Físico do setor leste da cidade de Rio Claro (SP).

Cabe destacar que, apesar da hierarquização dos dados de cada variável que compõem a carta de fragilidade, a elaboração de maneira qualitativa baseia-se na reflexão do significado do conjunto destas informações. Assim, o trabalho de campo foi necessário, permitindo observar a coerência do produto cartográfico diante da realidade da área de estudo, contribuindo para os ajustes necessários. Para exemplificar, ressalta-se a importância de identificar os terrenos alagadiços que estão fora da área de preservação permanente. Apesar de caracterizarem-se por setores que apresentam declives inferiores a 2% (correspondente a fragilidade média) e ausência de feições erosivas (correspondente a fragilidade fraca), tratam-se de terrenos que sofrem as oscilações do nível do rio nos períodos de maior pluviosidade (correspondente a fragilidade muito forte do material inconsolidado). Neste contexto, a área foi caracterizada contendo fragilidade muito forte.

3.7 Carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano

A carta de níveis de restrições do relevo ao uso urbano, assim como a carta anterior, segue a proposição de Ross (1994, 1995, 2001) e, também, as considerações de Silveira

(2013), com adaptações necessárias devido às características da área de estudo a fim de atingir o objetivo proposto.

Esta carta permite a observação da capacidade de suporte do terreno ao uso urbano, apontando níveis hierárquicos de restrição. Trata-se de uma carta síntese, pois integra as seguintes informações, nesta respectiva ordem:

- *Análise histórico-evolutiva das cartas de uso da terra de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2010*: fornece a dinâmica da intervenção antrópica no terreno durante este período de tempo.

Estes dados constituem-se na base da construção da carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Primeiramente, fez-se a análise histórico-evolutiva destas cartas, criando-se, no ArcGIS, o dado vetorial em forma de polígono de cada dinâmica de uso (Quadro 10) que abarca o período de tempo estudado. As características físicas de cada polígono de histórico de uso foram analisadas, adotando-se um nível de restrição.

1962	1972	1988	1995	2010
silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano

Quadro 10 – Exemplo de dinâmica de uso da terra identificado no setor leste da cidade de Rio Claro(SP)

Após a identificação da dinâmica de uso da terra, sobrepuseram-se os dados vetoriais de fragilidade do meio físico.

- *Dados de fragilidade do meio físico*: Estes dados são necessários, pois permitem adequar o tipo de uso à capacidade de suporte do terreno. Além destes dados, esta carta possui as restrições ao uso urbano do ponto de vista da legislação federal, estadual e municipal.

Assim, analisou-se a sucessão de usos da terra em conjunto com os níveis de fragilidade física. Para tanto, foram inseridos dados vetoriais como subitens (Quadro 11) em cada combinação de uso da terra.

✓ silvicultura; pastagem; cana; cana; urbano (em ordem temporal de ocorrência)
✓ Ffspccu (<i>fragilidade fraca</i> silvicultura; pastagem; cana; cana; urbano)
✓ Fmspccu (<i>fragilidade médio</i> silvicultura; pastagem; cana; cana; urbano)
✓ FFspccu (<i>fragilidade forte</i> silvicultura; pastagem; cana; cana; urbano)
✓ FMFspccu (<i>fragilidade muito forte</i> silvicultura; pastagem; cana; cana; urbano)

Quadro 11 – Exemplo de sub-itens de dados vetoriais criados para combinações de uso da terra.

As restrições do relevo ao uso urbano foram compostas qualitativamente por “Moderado”, “Severo”, “Muito Severo” e “Legal”, correspondente a legislação de uso da

terra. Os níveis de restrições foram organizados quantitativamente por numerais romanos. A hierarquização das restrições, embasada na avaliação da relação entre a dinâmica do uso da terra e a fragilidade do meio físico, seguiu os fatores que restringem o uso urbano no terreno na ordem abaixo destacada (do mais restritivo para o menos restritivo):

- ❖ Os parâmetros legais de restrição ao uso;
- ❖ A fragilidade do meio físico;
- ❖ Áreas alagáveis próximas aos fundos de vale, mas que estão fora da Área de Preservação Permanente;
- ❖ Áreas que contém sulcos, ravinas ou voçorocas atuais;
- ❖ Áreas que sofreram ravinamentos ou voçorocamentos pretéritos;
- ❖ Áreas que apresentaram sulcos pretéritos em quatro cenários;
- ❖ Uso seqüencial de pastagem;
- ❖ Áreas de transição de material superficial que apresentaram sulcos pretéritos;
- ❖ Áreas que apresentaram sulcos pretéritos em três cenários;
- ❖ Áreas que apresentaram sulcos pretéritos em 1962 e 1972;
- ❖ Uso seqüencial de silvicultura;
- ❖ Ausência de feições erosivas;

Silveira (2013) ao estabelecer os níveis de restrição do relevo ao uso urbano no córrego das Ondas, localizado em Piracicaba, estabeleceu o nível de restrição “fraco” para terrenos que apresentaram classe de fragilidade do meio físico “fraca” e determinada dinâmica de uso da terra. Nesta pesquisa, não foram identificadas áreas que pudessem ser qualificadas com o nível de restrição “fraco”. Os setores caracterizados pela fragilidade do meio físico “fraca” abarcam terrenos que possuem declives inferiores a 2%, ou seja, possuem escoamento superficial incipiente. Além disso, o material inconsolidado localizado nestes terrenos é o material coluvionar amarelo, suscetível a abatimentos associados a vazamentos de tubulações. Assim, o uso urbano nestes terrenos requer o planejamento de uma rede de drenagem urbana adequada, com capacidade para suprir as necessidades da população, minimizando o acúmulo de águas em áreas impermeabilizadas e reduzindo a capacidade de subsidência associada a vazamentos de tubulações.

A carta de restrições ao uso urbano é apresentada na escala 1:10.000 para melhor observação das áreas individualizadas conforme o histórico de uso e a fragilidade inerente ao meio físico.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização e breve contexto histórico

A área de estudo selecionada para a presente pesquisa consiste no setor leste da cidade de Rio Claro (Figura 4), localizada no estado de São Paulo, correspondendo aos terrenos drenados para o ribeirão Claro, entre as coordenadas geográficas 22°21'46" e 22°27'26" de latitude Sul e 47°33'34" e 47°31'39" de longitude Oeste.

Durante o século XVIII, tropeiros adentravam o interior paulista buscando riquezas nos Estados vizinhos. Durante a caminhada, faziam paradas nos pousos para descanso e alimentação. A área que integra o atual município de Rio Claro caracterizava-se, no século XVIII, como pequena vila de abastecimento de pousos de tropeiros. A ocupação urbana inicia-se no século XIX, de acordo com Troppmair (2008, p. 16), quando “nas margens do Córrego da Servidão surgem em 1825 as primeiras casas”.

Em 1827, oficializou-se a *Capela Curada de São João Batista do Ribeirão Claro* e em 1830 foi elevada a *Freguesia de São João Batista do Rio Claro*. Em 1835, a cidade contava com 8 quarteirões ao longo do que atualmente chama-se Avenida 1. O arreamento deu-se em forma de tabuleiro de xadrez feito por Antônio Paes de Barros, segundo planta fornecida por Nicolau Vergueiro, que já era utilizada em Piracicaba e Limeira. Em 1845 torna-se *Vila* e, em 1859, *Comarca de São João Batista do Rio Claro*. Através da Lei Estadual nº 975, de 20 de dezembro de 1905, teve sua denominação alterada para *Rio Claro* (COTTAS, 1983; TROPMAIR, 2008).

Conforme Troppmair (2008), as terras férteis permitiam os cultivos de cana de açúcar, milho, algodão e arroz. A partir de 1836, a cultura de café vem contribuir para o crescimento populacional e também propiciar benefícios econômicos e políticos como, por exemplo, a construção da Estrada de Ferro anos mais tarde. De imediato, a cultura do café contribuiu para o crescimento urbano (surgem 30 novos quarteirões – entre as Avs. 2 a 12 e Ruas 2 a 8, bem como ao longo de vias que dão acesso à outras cidades).

Em 1853, faziam parte do município de Rio Claro os atuais municípios de Brotas, Descalvado, Analândia, Corumbataí, Itirapina e Santa Gertrudes. Os lucros oriundos do café fizeram com que Rio Claro fosse a terceira cidade economicamente mais importante da província, com escoamento de produção garantida pela Estrada de Ferro a partir de 1876 (TROPMAIR, 2008).

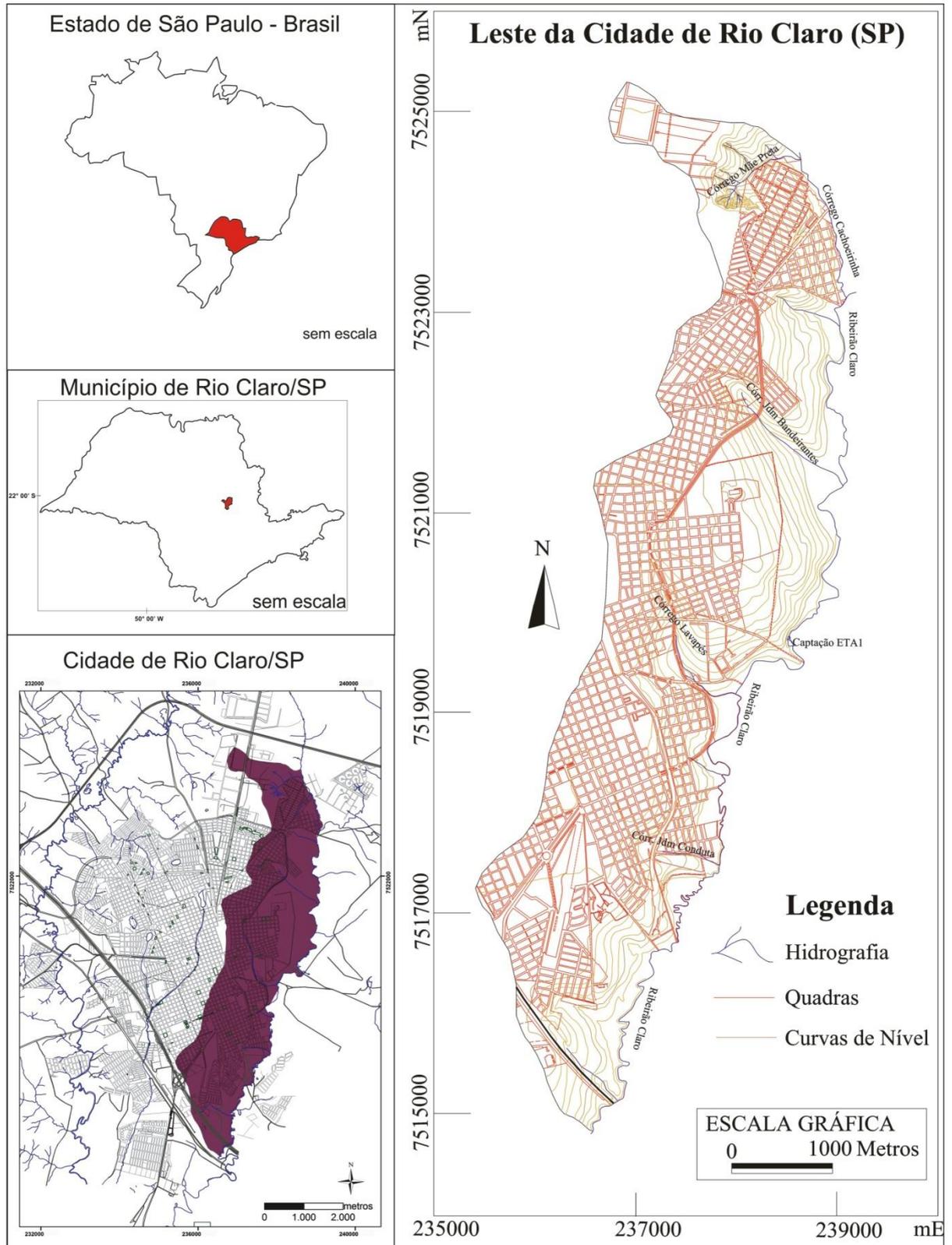


Figura 4 - Setor leste da cidade de Rio Claro/SP – vertentes que drenam para o Ribeirão Claro. Fonte: Planta cadastral da prefeitura municipal de Rio Claro, 1984. Atualizado por Rossetti (2007). Adaptado pela autora (2015).

Em 1876, é inaugurada a Estação da Companhia Paulista (Figura 5), cuja estrada de Ferro liga Rio Claro a Campinas, São Paulo e Santos, dando impulso à urbanização e à

industrialização. Diversas indústrias foram instaladas após este período, destacando-se as oficinas mecânicas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, os ramos de indústrias de bens de consumo e produção de materiais de construção (TROPMAIR, 2008).



Figura 5 - Estação da Cia Paulista inaugurada em 1876 - Rio Claro/SP. Fonte: <<http://www.abpfsf.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm>> Acessado em 12 de novembro de 2013.

A cidade de Rio Claro, em 1879, localizava-se nas proximidades da estrada de ferro (Figura 6). A presença de imigrantes impulsionou a urbanização a partir de 1880. Destacaram-se os imigrantes italianos, japoneses e alemães influenciando os espaços urbanos através do empreendedorismo industrial (Figura 7) e os espaços rurais do município através da horticultura (COTTAS, 1983; TROPMAIR, 2008).



Figura 6 – Cidade de Rio Claro em 1879. Fonte: <<http://www.abpfsf.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm>> Acessado em 12 de novembro de 2013.

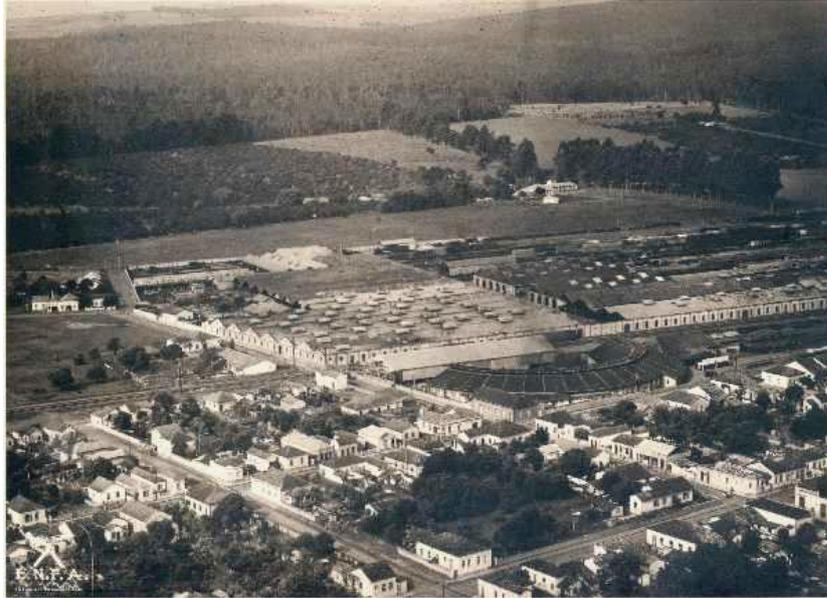


Figura 7 – Cidade de Rio Claro em 1902. Fonte: <<http://www.abpfsp.com.br/ferrovias/ferrovias74.htm>.> Acessado em 12 de novembro de 2013.

Um dado interessante, destacado por Troppmair (2008), é que até 1886 existiam cerca de 24 ruas. Neste mesmo ano, a câmara de vereadores municipal decretou a abolição de nomeação de tais vias, as quais foram substituídas por numerações – seguindo o exemplo de algumas cidades norte-americanas. Ainda, optou-se por denominar as vias urbanas de sentido norte-sul de RUAS e as vias urbanas de sentido leste-oeste de AVENIDAS. As ruas são numeradas em sequência e as avenidas por números pares da zona norte até a avenida 1 e ímpares desta até a zona sul da cidade. Cabe destacar que, com a expansão urbana, os números passaram a agregar a letra do bairro, por exemplo, Rua 18 MP (bairro Mãe Preta). Algumas vias que cortam a cidade na diagonal ou são caracterizadas por vias de acesso receberam nomeações como, por exemplo, a Av. Visconde de Rio Claro, Av. Ulisses Guimarães, etc.

Além disso, destaca-se na história do município a instalação de iluminação elétrica em 1885 (segunda cidade do Estado de São Paulo a prover iluminação pública), bem como a criação do Horto Florestal, em 1909, cuja silvicultura destinou-se ao abastecimento da ferrovia (TROPMAIR, 2008).

Ainda, em meados de 1920, com a quebra da Bolsa de Valores de Nova Iorque, Rio Claro entra num período de estagnação econômica e início de retração populacional (50.000 hab. em 1920 passa para 42.000 em 1940 - Gráfico 1). Conforme Troppmair (2008), a pequena indústria existente neste período retraiu-se por falta de capitais para investimentos e problemas administrativos. De 1940 a 1970 o crescimento industrial foi pequeno. Destaca-se neste período a implantação em 1969 da indústria Owens Corning Fiberglass (ROSSETTI,

2011).

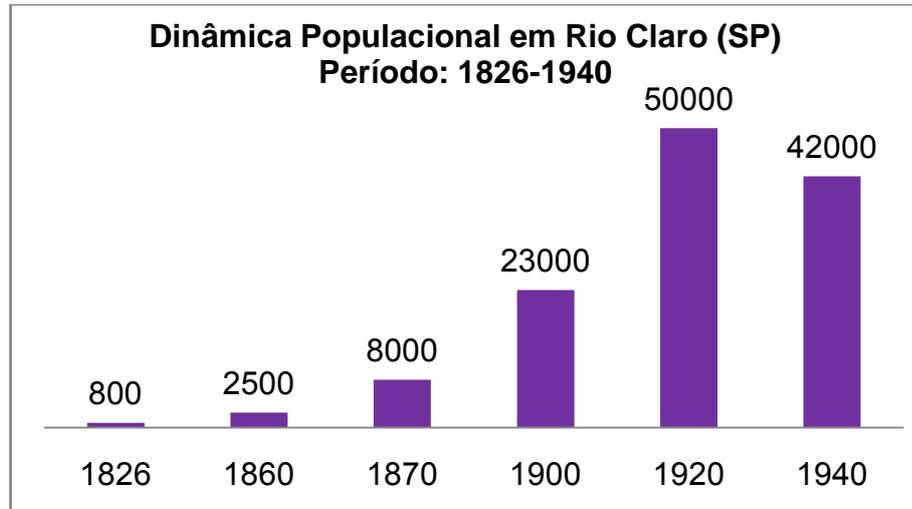


Gráfico 1– Dinâmica Populacional de Rio Claro (SP) durante o período de 1826 e 1940. Fonte: TROPMAIR, 2008. Org.: a autora.

Na década de 1970, criou-se o Distrito Industrial com o objetivo de atrair mais indústrias. Assim, foram oferecidos alguns incentivos tais como isenções fiscais para as empresas se instalarem na cidade.

Neste contexto, a cidade de Rio Claro, como a maioria das cidades médias do Estado de São Paulo teve, a partir dos anos 1970, um grande crescimento urbano, em função da migração (CUNHA; MORUZZI, BRAGA, 2009; ZAINÉ, 2000). A população do município na década de 1960 era de 59.843 e em 1980 atingiu um contingente populacional de 110.300 (Gráfico 2).

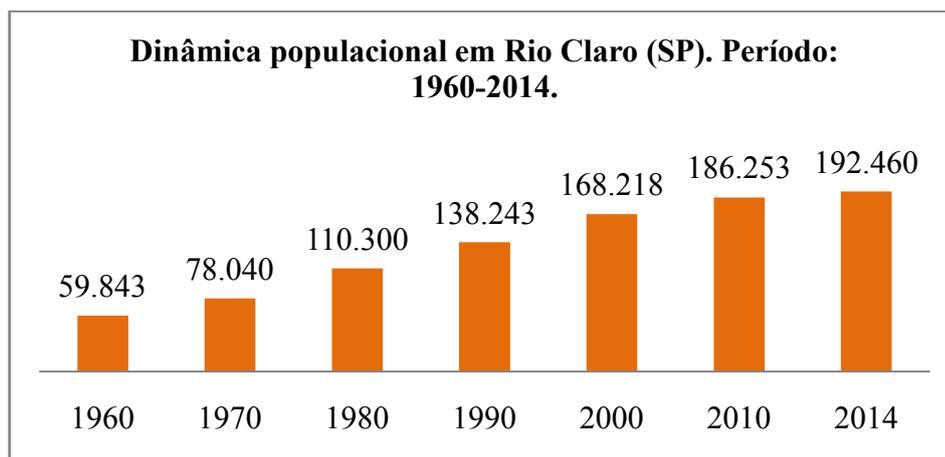


Gráfico 2 - Crescimento populacional em Rio Claro/SP durante o período de 1960 até 2014. Fonte: COTTAS,1983; ZAINÉ, 1994; IBGE, 2010; SEADE, 2014. Org. A autora.

Conforme Oliveira (1997), os movimentos populacionais oriundos do campo, de cidades paulistas e, inclusive, de outros estados brasileiros chegou a representar, segundo o censo de 1980, 44,4% da população total do município, estimulados pela oferta de empregos nas indústrias que se instalaram em Rio Claro. Deste modo, considera-se que o processo de

industrialização impulsionou o aumento populacional e, assim, o processo de expansão da área urbana. Neste âmbito, a cidade - que antes ocupava apenas o topo do interflúvio entre o rio Corumbataí e o ribeirão Claro - cresceu em direção aos vales.

Estes fatores contribuíram, também, para a ampliação de atividades do setor terciário na década de 1980, coadjuvante na revitalização da área central de Rio Claro, instalação de empreendimentos do setor de alimentação, agências bancárias, lojas de departamentos, etc (ROSSETTI, 2011).

Os diversos problemas atualmente identificados no ambiente urbano em função da morfodinâmica de muitos setores da cidade de Rio Claro apontam aos resultados do que Oliveira (1997, p. 40) registrou como “urbanização alheia aos condicionantes do meio físico”, devido à instalação de conjuntos habitacionais e loteamentos durante a década de 1980 para suprir as demandas populacionais estimulados tanto em função da industrialização quanto da instalação da cana-de-açúcar nas proximidades do sítio urbano durante este período.

O impulso do mercado imobiliário que desencadeou diversos problemas ambientais até então, continuou durante as décadas seguintes. Luz (2009) relata que houve instalação desordenada de loteamentos e conjuntos habitacionais durante a década de 1990 que, apesar da existência do Plano Diretor desde 1992 (com polêmica revisão em 2007), foram desprovidas de planejamento adequado, pautado nas características físicas da área. Alguns loteamentos até hoje se encontram em situação precária, sem infraestrutura básica e até mesmo sem a devida regularização.

Luz (2009, p. 21) afirma que a década de 1990 foi marcada pela implantação ilegal de pelo menos quatro grandes loteamentos na cidade de Rio Claro sem nenhuma documentação, inseridos em um programa municipal denominado Projeto Pé-no-Chão, destacando-se o Conjunto Habitacional Orestes Armando Giovanni, localizado na área de estudo.

Este contexto demonstra que a cidade de Rio Claro, assim como outras cidades brasileiras, tem seguido o modelo de urbanização dirigido pelo mercado imobiliário, em detrimento das características físicas do terreno. Apesar dos problemas ambientais identificados em função deste fator, tal modelo tem perdurado ao longo dos anos.

Do ponto de vista econômico, houve significativa expansão do número de estabelecimentos industriais na década de 1990. No antigo prédio onde funcionava a Indústria Têxtil Matarazzo instalou-se, em 1995, um *Shopping Center* (ROSSETTI, 2011). Conforme Selingardi (2000), os ramos industriais que se destacavam em 1999 eram vestuário, calçados e artefatos de tecidos, metalurgia, minerais não-metálicos, produtos alimentícios e mobiliários. As indústrias instaladas em Rio Claro, neste período, caracterizavam-se por pequeno e médio

porte. Ainda no final do século XX, extinguiram-se os dois grandes estabelecimentos que constituíram a “marca registrada” da Rio Claro industrial ao longo deste século: as oficinas da antiga Cia. Paulista e a Cervejaria Skol-Caracu (SELINGARDI, 2000).

Atualmente, o ponto de destaque para a indústria local é o fato de o município fazer parte, juntamente com Santa Gertrudes, Limeira, Cordeirópolis, Ipeúna, Piracicaba e Araras, de um dos maiores pólos cerâmicos das Américas (ROSSETTI, 2011). A cronologia dos loteamentos urbanos desde a fundação da cidade até o cenário de 2010 pode ser observada na figura 8.

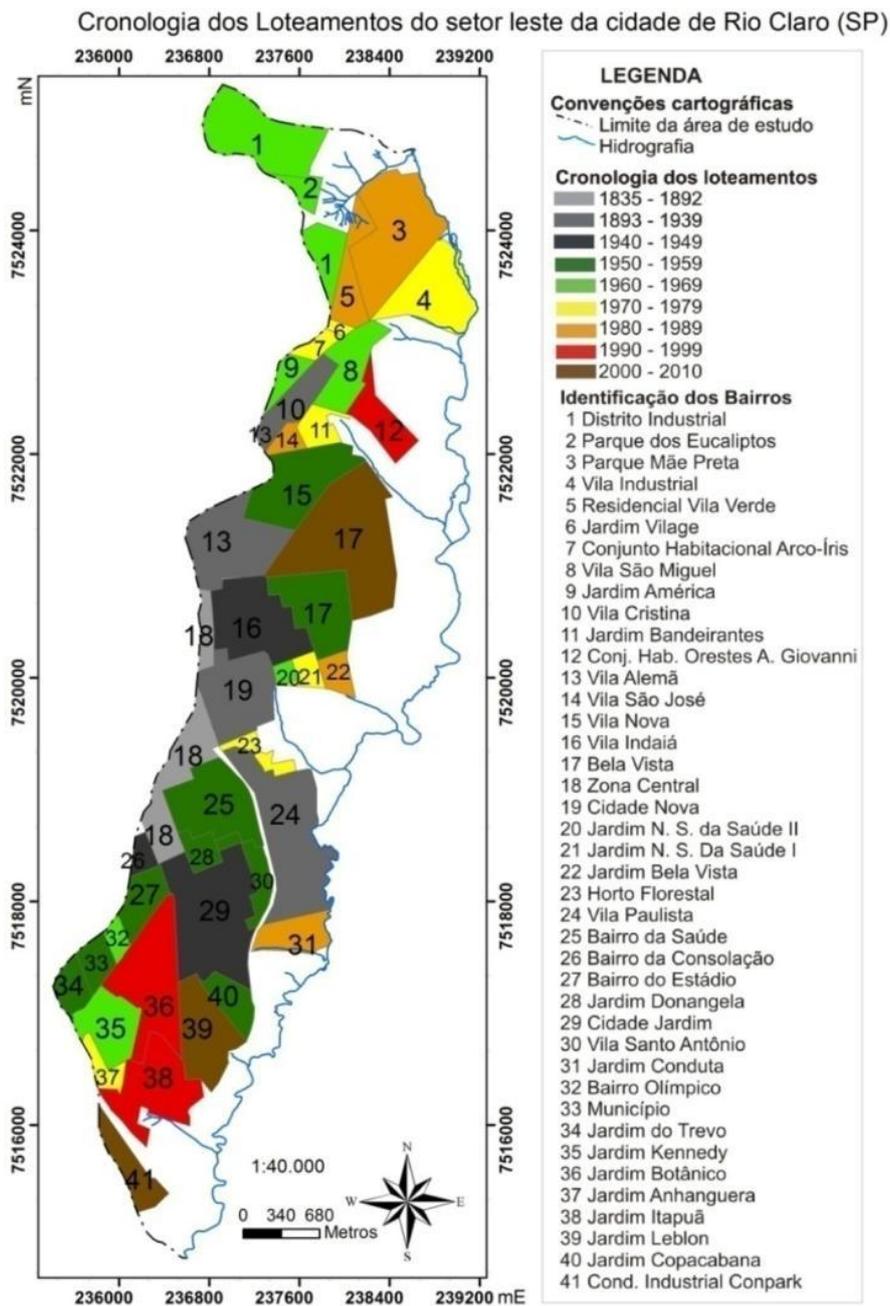


Figura 8 – Cronologia dos loteamentos (por bairro) do setor leste da cidade de Rio Claro (SP). Fonte: Prefeitura de Rio Claro.

Esta pesquisa permitiu observar o avanço da urbanização pela edificação dos lotes, desde 1962 até 2010 (Figura 9). Pode-se observar o avanço do uso urbano para o Norte, Leste e Sul da área de estudo, nas proximidades de cabeceiras de drenagens de córregos que deságuam tanto no córrego Cachoeirinha quanto no ribeirão Claro.

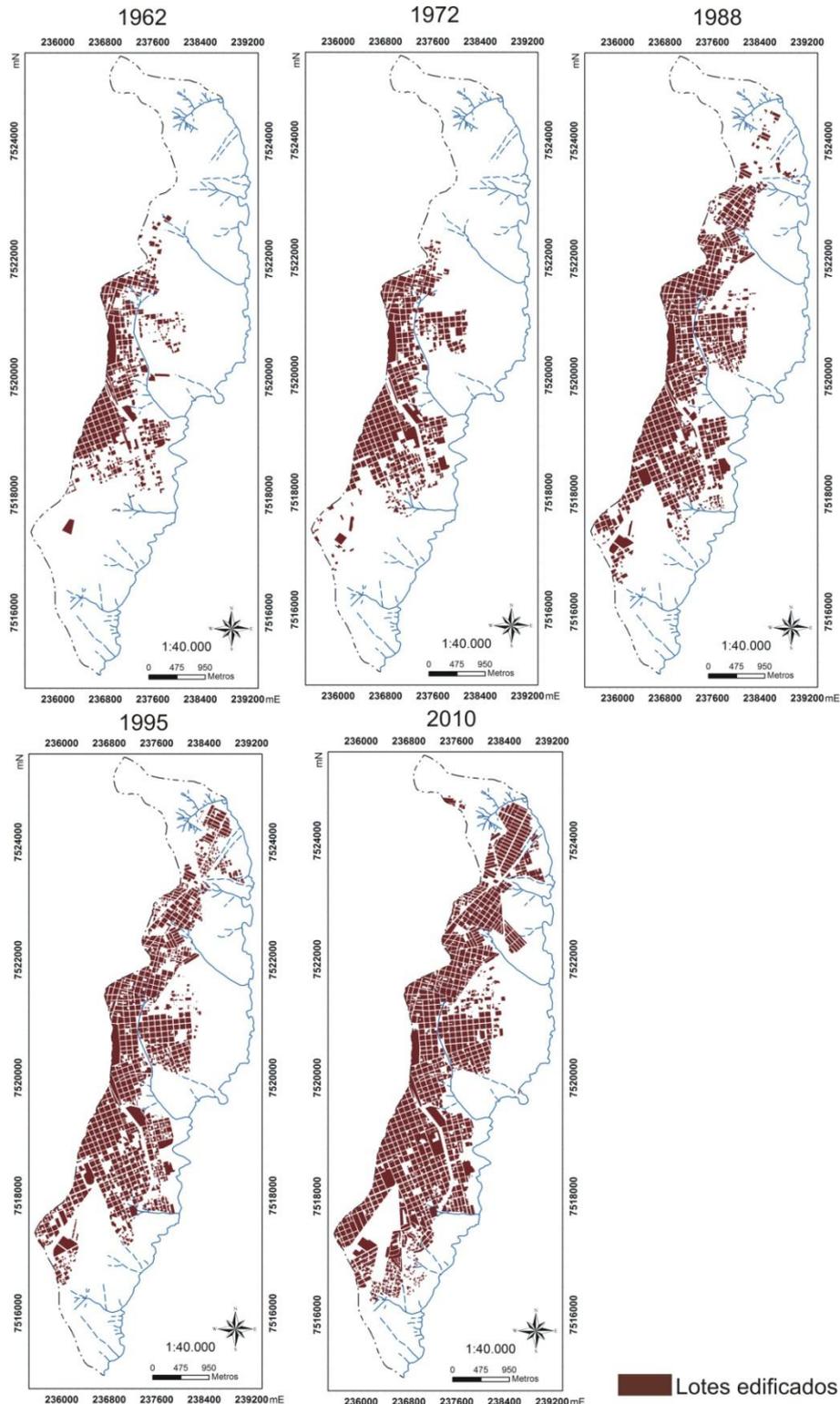


Figura 9 – Lotes edificados no período de 1962 até 2010. Elaborado pela autora.

No que se refere às características sociais, a Fundação SEADE (2010) apresenta o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) estabelecendo grupos de vulnerabilidade. Os grupos são estabelecidos segundo o rendimento médio nominal dos domicílios, a renda média das mulheres responsáveis pelo domicílio, a idade média dos responsáveis da residência e o número médio de moradores da residência. Os grupos do IPVS resumem as situações de maior ou menor vulnerabilidade populacional, segundo as condições socioeconômicas e o perfil demográfico. A figura 10 apresenta a localização dos grupos na área de estudo.

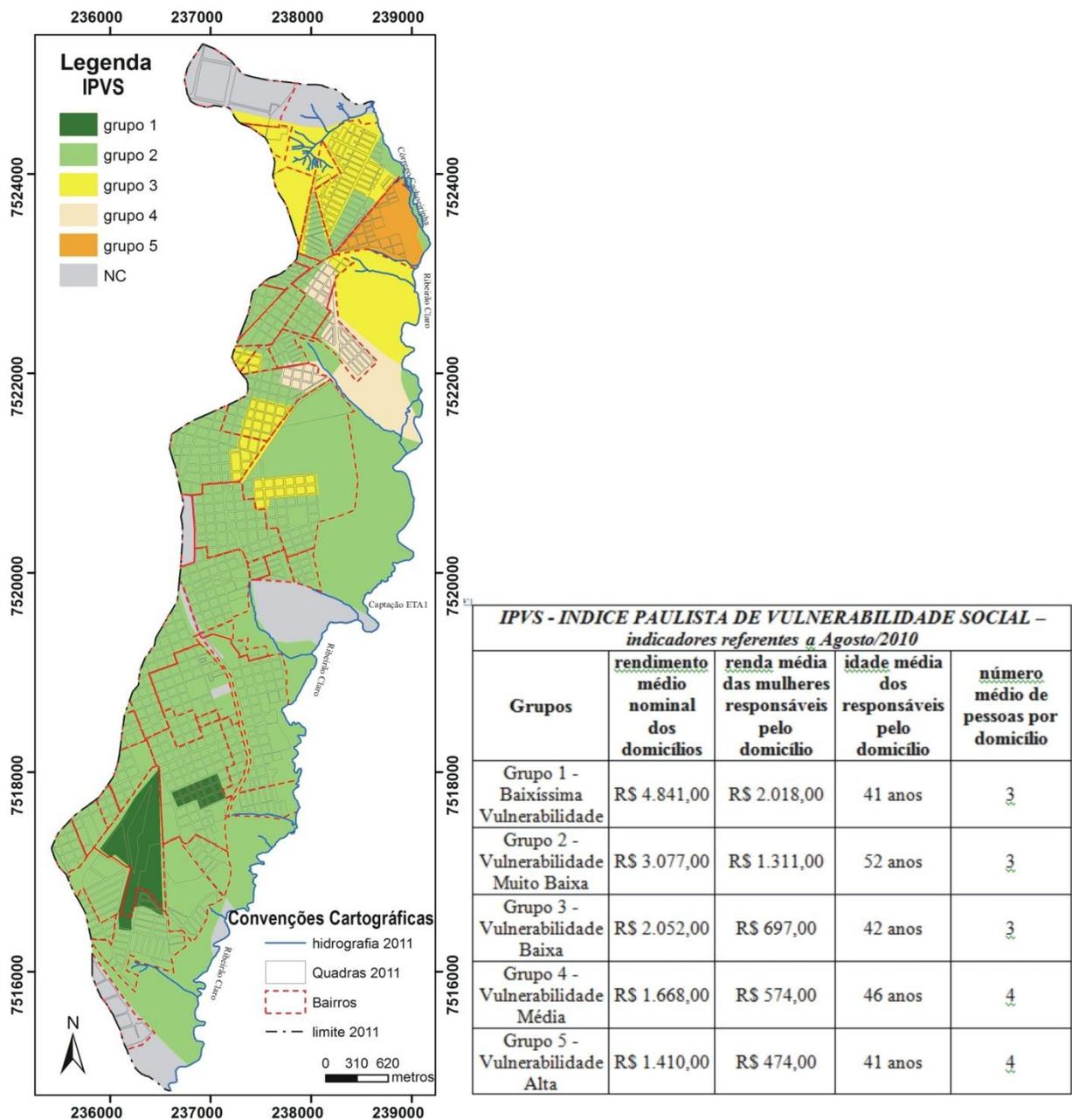


Figura 10 - Localização dos grupos de IPVS no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) no ano de 2010. Fonte: Fonte: IBGE (2010); Fundação SEADE, 2010.

Os dados da Fundação SEADE (2010) apontam que no município, durante o período de 2008-2010 a taxa de mortalidade infantil aumentou de 9,8 para 13,8 (por mil nascidos vivos). A taxa de mortalidade das pessoas de 15 a 39 anos manteve-se em 1,4 (por mil habitantes) e de 60 a 69 anos variou entre 15,6 e 15,8 (por mil habitantes). O rendimento médio do emprego formal elevou-se de R\$ 1.580 para R\$ 1.657.

O IDMH (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) em 2010, segundo o IBGE, atingiu 0,803, deixando o município de Rio Claro em 19º lugar no ranking Estadual. O IDHM considera como indicadores a educação, renda e longevidade.

O abastecimento de água para esta população é proveniente do rio Corumbataí e do ribeirão Claro. O ribeirão Claro tem suas nascentes no Município de Corumbataí, cujo curso, de norte para sul, contorna o setor leste da área urbana de Rio Claro no sentido NNE-SSW, desaguando no rio Corumbataí, poucos quilômetros a sul da cidade de Rio Claro.

O município de Rio Claro, conforme Penteadó-Orellana (1981) localiza-se na Depressão Periférica Paulista, no setor leste da sub-bacia do Corumbataí, que integra a zona do Médio Tietê. Considerando que estes atributos físicos - que influenciam na dinâmica do relevo da área de estudo - pertencem ao contexto regional, os aspectos fisiográficos serão considerados primeiramente nesta escala e posteriormente destacadas as características locais.

4.2 Aspectos Fisiográficos da Região

Segundo Ab'Saber (1969), a Depressão Periférica Paulista é uma área deprimida, que sofre processos de desnudação marginal, interposta entre o front de cuestas arenítico-basáltico circunvizinhas e o rebordo do Planalto Atlântico.

O contexto geológico regional é complexo. Ab'Saber (1949 p. 12) afirma que os fenômenos de desnudação marginal esboçaram aos poucos uma vasta depressão periférica subsequente formando um segundo patamar de sedimentos, de forma que o front do relevo cuestiforme evoluía deslocando-se para o interior, constituindo-se escarpas arenítico-basálticas, através da chamada circundesnudação pós cretácea.

Além disso, Penteadó (1976) destaca que estudos de tectônica regional comprovam a existência de sistemas de falhamentos poligonais que influenciam nos processos erosivos por reativação de antigas falhas e, portanto, na morfodinâmica.

Deste modo, considera-se que, de acordo com Ross (2008), a Depressão Periférica apresenta modelado diverso em função da influência da ação tectônica, da variação litológica e dos diversos níveis de atuação paleoclimática que os esculpiram. Conforme Penteadó (1976,

p. 5), trata-se de uma área que foi submetida a oscilações climáticas que vão de períodos quentes e úmidos a períodos mais frios e secos.

A tese de alternância climática é embasada pelas formas do relevo atual e as diferenças granulométricas dos sedimentos – depositados em distintos períodos de tempo geológico - localizados na Depressão Periférica. Acredita-se que, após um período de entalhe, houve um período de aplainamento do relevo, ou seja, um período de tempo mais seco, caracterizando o recuo paralelo das vertentes com predomínio de desagregação mecânica, cujo material desagregado deslocou-se para as áreas depressionárias, provocando elevação do nível de base por pedimentação. Com o retorno de condições úmidas, houve a reorganização da drenagem com reativação dos processos erosivos a partir da ação das águas correntes. Os processos externos suscitados sofreram influência de processos internos tais como a reativação de sistemas de falhamentos (PENTEADO, 1976, p. 37).

O relevo atual da Depressão Periférica na Zona do Médio Tietê é caracterizado por colinas tabuliformes que evoluem na forma de patamares escalonados, dispostos entre 550 e 650 metros. Desta forma, as vertentes são suavemente convexas e os patamares possuem fraca inclinação. A área urbana de Rio Claro está assentada em um interflúvio tabuliforme disposto entre 600 e 630 metros. Segundo Penteado Orellana (1981, p. 23), os patamares mais elevados “quase retilíneos lembram formas oriundas de processos de pedimentação que teria afetado a área posteriormente à esculturação das colinas”. Este relevo situa-se em área composta por rochas sedimentares e vulcânicas (Figura 11) das eras Paleozóica (Grupo Passa Dois: Formação Irati e Corumbataí), Mesozóica (Grupo São Bento: Formação Serra Geral) e Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos recentes).

Os afloramentos da Formação Irati, formação basal do Grupo Passa Dois, localiza-se em um único trecho da área de estudo (vertente que drena para o córrego Bandeirantes) e caracteriza-se pela presença de folhelhos pirobotuminosos, calcários dolomíticos e siltitos (ZAINÉ, 2000).

Os depósitos da Formação Corumbataí, sobrejacente à Formação Irati, localizam-se entre a média e baixa vertente em direção ao vale do ribeirão Claro. São litologicamente identificados pelos argilitos, siltitos e folhelhos arroxeados e marrom-avermelhados, às vezes esverdeados, com intercalações de arenito e leitos carbonáticos (COTTAS, 1983; PENTEADO, 1976; PENTEADO - ORELLANA, 1981; ZAINÉ, 2000).

Carta Geológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP)

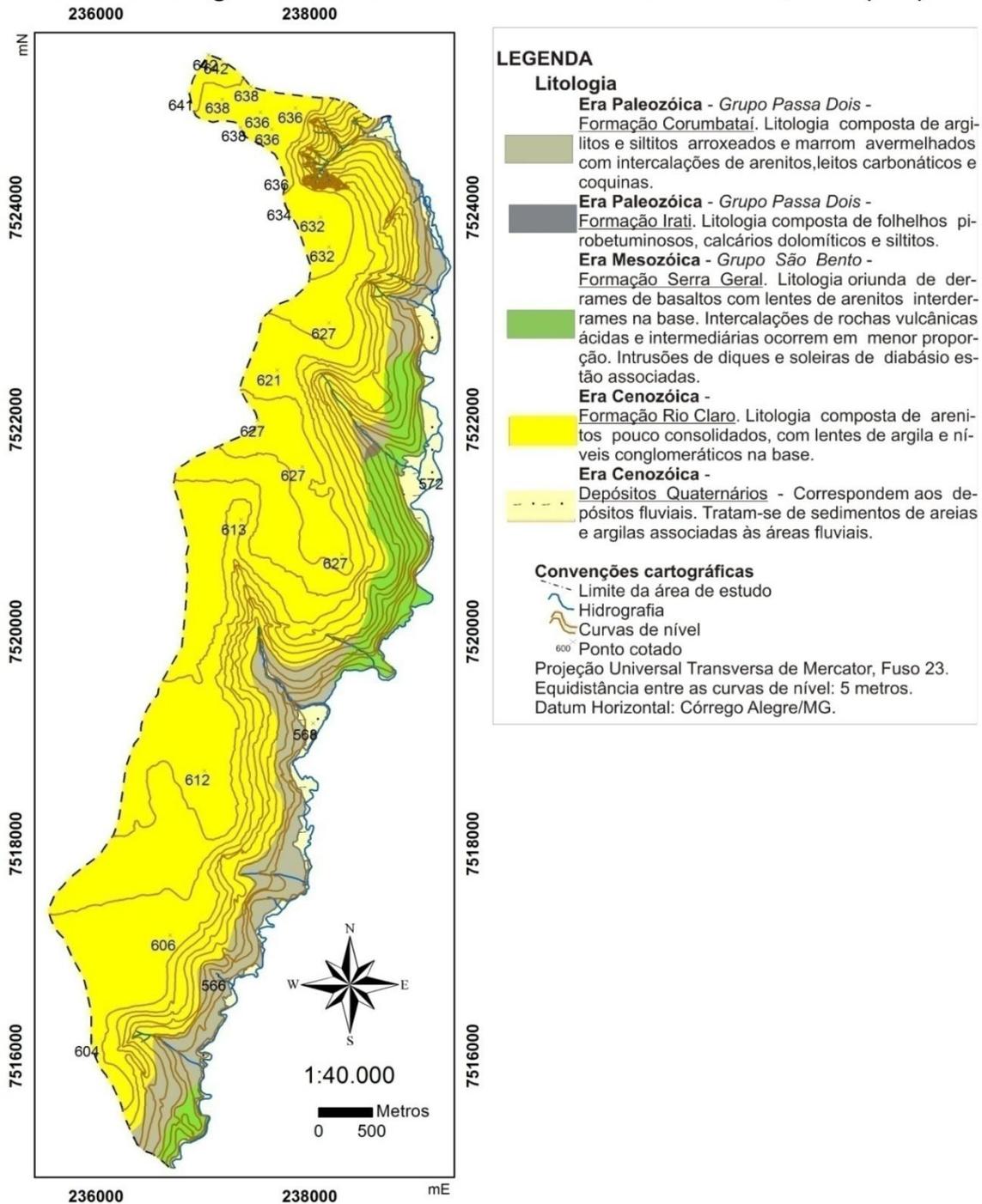


Figura 11 - Carta Geológica. Fonte: Zaine (2000) com adaptações de Zaine (1994).

A bacia hidrográfica do rio Corumbataí é a região-tipo da Formação Corumbataí, na qual a área de estudo está inserida. Segue-se uma sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lamina ou delgadas camadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosiltosas. Na área de estudo, esta formação apresenta uma textura argilosa. As cores vermelhas e arroxeadas passam a predominar nas partes médias e superiores. Como estrutura sedimentar observa-se estratificação plano-paralela (IPT 1981).

Schneider et al. (1974, citado por IPT, 1981) consideram a parte inferior da formação como tendo sido depositada em ambiente marinho de águas gradativamente rasas, em condições de mudanças climáticas (de umidade para maior aridez). A porção superior resultaria da deposição em águas rasas, em condições climáticas oxidantes (frio), sob influência das marés, com frequentes avanços progracionais de sedimentação litorânea (IPT, 1981).

Já a Formação Serra Geral, caracterizada pelas rochas intrusivas constituídas por diques e soleiras (sills) de diabásio, está localizada no vale do ribeirão Claro junto à Vila Paulista, na vertente junto a captação da ETA 1 e no conjunto habitacional Oreste Armando Giovanni – projeto pé-no-chão (COTTAS, 1983; PENTEADO, 1976; PENTEADO-ORELLANA, 1981; ZAINÉ, 2000).

A Formação Rio Claro na sua área-tipo engloba, conforme Fulfaro e Suguio (1968), sedimentos de origem fluvial. Zaine (1994) afirma que há presença de depósitos de fluxos de massa e lagoas restritas situadas sobre a superfície Neogênica de Martonne (1943, citado por ZAINÉ 1994). Melo (1995, p. 36) enfatiza que a idade da Formação Rio Claro é motivo de controvérsias entre os cientistas, dada à ausência de datações absolutas. Até então, conforme Perinotto et al (2006, p. 304), é “prudente considerar ainda indefinida a idade da Formação Rio Claro”.

Uma morfologia interessante registrada sobre esta Formação é a presença de lagoa intermitente, cujo nível d’água varia nas estações secas e chuvosas, denominada pela população de “lagoa seca”. De acordo com Penteado Orellana (1981, citada por ZAINÉ, 1994) trata-se de paleocabeceiras, influenciadas pela oscilação do lençol freático. Atualmente, apresentam formato circular e ovalado, com tamanho variando entre 100 e 500 metros no seu eixo maior. Dispõem-se ligadas ou não à rede de drenagem, representando uma cabeceira de drenagem.

Zaine (1994) explica a evolução morfogenética destas feições vinculadas às características fisiográficas, sendo as áreas de lagoas intermitentes setores que apresentam maior capacidade de infiltração e circulação de águas, em meio altamente poroso. Além disso, encontram-se condicionantes estruturais, determinando as áreas de maior infiltração e percolação em subsuperfície, originando depressões fechadas. A tectônica teria definido os alinhamentos com outros elementos de drenagem.

Seguindo o processo, nesta mesma hipótese, teria ocorrido a sedimentação e colmatação do fundo das lagoas, levando o sistema ao equilíbrio. No caso da ligação superficial das lagoas com a rede de drenagem, estas passariam a

constituir lagoas de cabeceiras, como é o caso da lagoa de Ajapi, nascente do córrego Cachoeirinha (ZAINE, 1994, p. 46).

Penteado (1976) defende a hipótese de que os sedimentos referentes à Formação Rio Claro foram depositados em planícies de inundação temporárias ou playas lacustres a montante de soleiras escalonadas ao longo da drenagem. Segundo a autora, dois fatores contribuíram para este fato: pequenos desníveis contrários ao escoamento causados por soleiras tectônicas ativas (em áreas de falhas e fraturas) e mudanças climáticas que provocaram o aumento do material transportado e redução do potencial de transporte pela ação das águas correntes.

Ainda, conforme Penteado (1976), a estrutura de Pitanga teria funcionado como soleira tectônica vinculada a uma condição climática de semi-aridez, com chuvas intensas e episódicas, desencadeando um escoamento torrencial desorganizado. A condição climática contribuiu para a deposição dos sedimentos da Formação Rio Claro, cujas evidências referem-se à diferenciação granulométrica do material depositado.

Melo (1995, p. 109) buscando contribuir com a compreensão da evolução geológica (que, conforme o autor é neocenozóica) da Formação Rio Claro, também considera que na área do platô de Rio Claro, a sedimentação está estreitamente relacionada com a estrutura de Pitanga (com atividade tectônica principal no Mesozóico), especificamente a reativação de falhas com movimentação vertical na estrutura de Pitanga.

Ainda, conforme Melo (1995, p. 102) a Formação Rio Claro na área a montante da estrutura de Pitanga foi comandada por reativações neocenozóicas das falhas existentes no mínimo desde o Mesozóico, através de movimentos verticais da ordem de algumas dezenas de metros, que barraram a drenagem e determinaram a sedimentação. Tais reativações podem estar ligadas ou a esforços gerados no interior da Bacia do Paraná, em consequência da subsidência, ou a cisalhamento associado a estruturas de extensão regional.

Concordando com as considerações de Penteado (1976), Melo (1995, p. 100) afirma que, nos locais em que a atividade tectônica associou-se a presença de intrusões de diabásio é mais evidente a influência das soleiras litológicas na sedimentação, como no caso da acumulação dos depósitos da Formação Rio Claro na sua área-tipo, aparentemente controlados em parte pelas soleiras litológicas na área da estrutura de Pitanga.

De acordo com Ab'Saber (1969), o topo onde encontra-se hoje instalada a cidade de Rio Claro foi uma espécie de superfície alveolar rasa que através de inversões do relevo está no interflúvio da colina cuja forma atual e sedimentos “talvez indiquem que ela tenha se formado em período recuado do Quaternário Antigo (Pleistoceno Inferior)” (AB'SABER,

1969, p. 10).

Assim, compreende-se que a variação granulométrica torna as áreas de contato entre a Formação Corumbataí (média e baixa vertente), cuja textura é argilosa, e a Formação Rio Claro (no cimo do interflúvio), que apresenta uma textura que varia entre arenosa e argilo-arenosa, suscetíveis a processos erosivos. Ao estudar o sítio urbano de Rio Claro na década de 1980, Penteado (1981, p. 31) já afirmava que a “erosão acelerada ou erosão antrópica é o aspecto mais característico da paisagem”. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1989 citado por ZAINE, 2000) identificou e cadastrou erosões na área urbana que o levaram a considerar o município como setor crítico a processos erosivos.

Considerando que as variações granulométricas influenciam nos processos erosivos, é importante destacar os tipos de materiais inconsolidados identificados na área de estudo, bem como as condições climáticas regionais.

As condições climáticas da região de Rio Claro caracterizam-se pela ocorrência de duas estações bem definidas: uma chuvosa (verão-primavera) e outra seca (outono-inverno). O clima é controlado pelas massas de ar tropicais e polares, com participação da massa Equatorial, principalmente no verão (MONTEIRO, 1973). É relevante destacar este fator, visto que a água das chuvas que escoam sobre a superfície pavimentada – de maneira concentrada principalmente no verão - tem sua energia cinética aumentada, de maneira que seu potencial erosivo é maior.

O escoamento superficial ocorre sobre distintos tipos de materiais inconsolidados. Nos setores caracterizados pela Formação Rio Claro foram identificados materiais residuais arenosos, materiais coluvionares arenosos e também materiais coluvionares areno-argilosos. Derivados da Formação Corumbataí, tem-se os materiais de textura argilosa e cores marrom arroxeado. Nos trechos cuja geologia caracteriza-se pela Formação Serra Geral foram identificados materiais residuais coluvionares argilosos. Materiais transportados pela ação das águas correntes foram identificados nos cursos d'água: materiais hidromórficos argilosos, materiais arenosos e argilosos com material orgânico associado e materiais coluvionares/hidromórficos.

Assim, de acordo com Botelho e Silva (2004, p 173), dentre as modificações geradas pela urbanização que alteram o ciclo hidrológico destaca-se a impermeabilização do terreno pelas edificações e pavimentações das vias de circulação. Se a água das chuvas, em sua trajetória até a calha do rio, entra em contato com uma superfície desprovida de pavimentação e cobertura vegetal, pode desencadear processos erosivos significativos tanto no que se refere à erosão a jusante como a montante (erosão regressiva). Além disso, pode expor o leito fluvial

ao assoreamento pelo excesso de material depositado em sua calha, bem como pela diminuição do volume de água circulante.

Quando a rede hidrográfica realiza um processo de adaptação a novas condições hidrodinâmicas, de origem climática ou antrópica, são os setores mais sensíveis do sistema que passarão pelas modificações mais importantes (THOMAS, ALLISON, 1993, citado por OLIVEIRA 2007, p. 86). Em geral, as áreas de cabeceiras de vale, também conhecidas como áreas de contribuição em vales não canalizados, são os pontos da rede hidrográfica que demonstram maior sensibilidade às oscilações hidrodinâmicas ao longo do tempo (DIETRICH e DUNNE, 1993 citado por OLIVEIRA 2007), pois são naquelas que diferentes mecanismos tendem a interagir de forma sinérgica.

Assim, compreende-se que setores como cabeceiras de drenagem são setores mais sensíveis aos processos morfogenéticos a partir da ação gravitacional (em função da declividade) associada à ação das águas fluviais. Além disso, tais processos vinculam-se ao escoamento superficial concentrado das águas pluviais sobre o ambiente impermeabilizado que, ao entrar em contato com nascentes peri-urbanas não-canalizadas, deflagram severos processos desnudacionais.

Na área de estudo alguns tributários do ribeirão Claro tem sofrido influências do processo de urbanização, a saber: o córrego Cachoeirinha, o qual forma o principal manancial de abastecimento público (captação da ETA 1 – Estação de Tratamento de Água), o córrego Bandeirantes, o córrego Lavapés e o córrego Conduta. Atualmente, estes córregos perpassam por consideráveis alterações provocadas pelo crescimento urbano, conforme será discutido nos resultados finais.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados que serão a seguir destacados se baseiam nos documentos cartográficos elaborados e disponíveis nos apêndices. Serão discutidos, primeiramente, os dados quantitativos extraídos a partir da carta de declividade, carta de fragilidade do meio físico, carta de materiais inconsolidados e histórico das cartas geomorfológicas e uso da terra (cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e 2010).

Em seguida, serão discutidas as principais alterações na morfodinâmica da área de estudo através da análise histórico-evolutiva das cartas geomorfológicas (que inclusive, justificaram a carta de fragilidade do meio físico), além de discorrer acerca do modelo de estágios evolutivos do processo de urbanização proposto por Nir (1983).

Por fim, serão discutidos os níveis de restrição do relevo da área de estudo ao uso urbano, apontando as características físicas do terreno que nortearam a classificação dos distintos setores a partir do histórico de uso.

A área de estudo possui 16,64 km² cujo relevo sofreu intensas modificações antrópicas. O homem alterou processos naturais, criou formas antropogênicas e, conseqüentemente, modificou a dinâmica dos processos atuantes sobre o sistema relevo. Assim, compreende-se que o homem sofre as influências da natureza enquanto interage e transforma o meio, funcionalmente subordinando-o às suas intenções (PELLOGIA; OLIVEIRA, 2005).

Observa-se, no modo tradicional de ocupação urbana brasileiro, que as características físicas do terreno são, por vezes, desconsideradas tendo, como consequência, severas alterações na morfodinâmica. São comuns os arruamentos, por exemplo, não seguirem o traçado das curvas de nível. Além disso, muitas cidades ainda não dispõem de plano de drenagem urbana. Insere-se, neste contexto, a cidade de Rio Claro.

Dentre as influências, destacam-se aquelas vinculadas às características morfométricas do terreno. O relevo da área de estudo caracteriza-se por interflúvios tabulares, com inclinação suave no topo onde se instalou o sítio urbano, apresentando declives inferiores a 2% (Gráfico 3) e, portanto, áreas suscetíveis a alagamentos. A inclinação suave também foi constatada em setores próximos ao ribeirão Claro, caracterizando setores suscetíveis a inundações durante o período de alta pluviosidade que, no caso da área de estudo, ocorre no verão. O apêndice A permite constatar que a maioria dos bairros atualmente loteados encontra-se instalado em setores que apresentam estas características físicas.

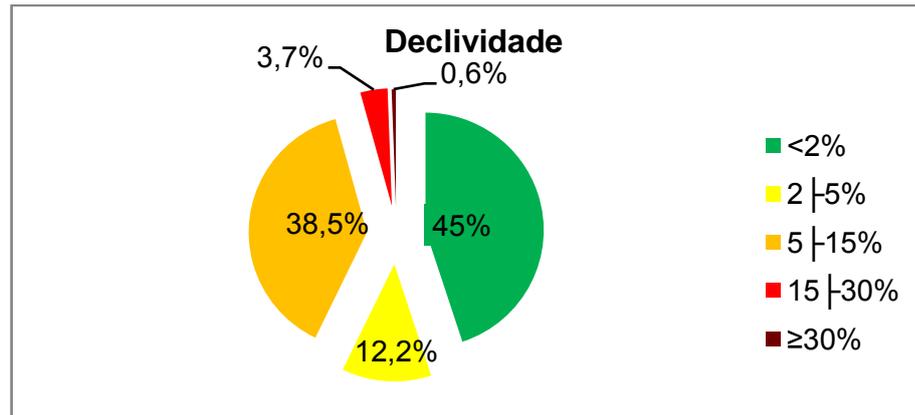


Gráfico 3 – Porcentagem de área ocupada pelas classes de declividade na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.

No que se refere às classes de declividade entre 2% | 5%, estas predominam em setores de vertentes convexas, côncavas e retilíneas. Ainda, observaram-se trechos que apresentam declives entre 5% | 15%, ocupando alta, média e baixa vertente. O plano diretor permite a urbanização sem restrições nestes declives.

Os setores que apresentam declives variando entre 15% | 30% podem ser usados para construção de instituições públicas na cidade desde que sejam respeitadas algumas normas, conforme a lei complementar número 081/2013. De acordo com o plano diretor municipal, a urbanização pode ocorrer nestes declives desde que a disposição das quadras e os arruamentos sigam as curvas de nível, com vias descontínuas.

Ainda, os trechos que apresentam declividades iguais ou superiores a 30% apresentam restrições quanto ao uso antrópico, conforme a lei federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Trata-se de áreas susceptíveis aos processos denudacionais. Conforme pode ser observado na carta de declividade, localizam-se próximas às nascentes de drenagens e próximas aos cursos d'água. Tais áreas apresentam-se a menos de 15 metros dos corpos d'água. Nestas situações o uso também é irregular em consideração às áreas de preservação permanente (APP), conforme o Art. 4º da Lei Federal nº12.651/2012.

Cerca de 4,88 km² localizados na área de estudo caracterizam-se em áreas que apresentam restrições legais (Gráfico 4). São áreas de preservação permanente no entorno de lagos e nascentes atuais, terrenos que apresentam declives superiores a 30%, terrenos no entorno dos cursos fluviais que existem atualmente e, também a área da FEENA.

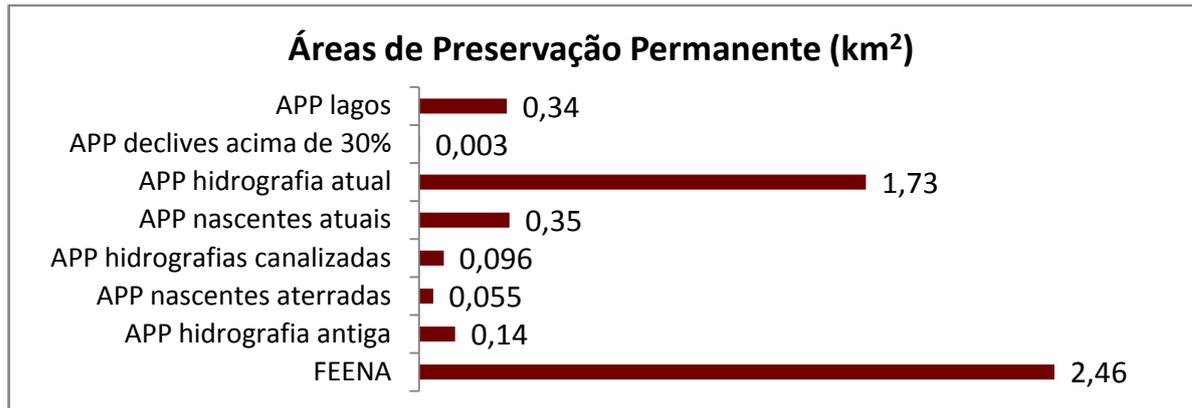


Gráfico 4 – Áreas que apresentam restrições legais. Elaborado pela autora.

A Lei Federal nº 4.771 de 1965 foi o primeiro documento que apresentou restrições quanto às características ambientais e, desde então, tem sido constantemente modificada. Nesta, por exemplo, somente 5 metros de faixa marginal dos cursos d'água com menos de 10 metros de largura eram consideradas áreas de preservação permanente (BRASIL, 1965). A análise histórica permitiu apurar que, entre 1962 e 2010, 0,29 km² de áreas de preservação permanente (observando as metragens atualmente estabelecidas) foram suprimidas. Tratam-se de terrenos no entorno de nascentes que foram aterradas, áreas ao longo de hidrografias que foram canalizadas e no entorno de canais fluviais que foram aterrados.

No que se refere à cobertura de material inconsolidado (Apêndice B), grande parte da área caracteriza-se por material residual amarelo (Gráfico 5), derivado da Formação Rio Claro, localizado nos topos planos da área de estudo (declividade < 2%). A suscetibilidade destes terrenos se refere aos registros de abatimento associados a vazamentos de tubulações enterradas, fator que pode ser atribuído a um comportamento deste material (ZAINÉ, 2000) e, também, de alagamentos associados a baixa declividade, por conseqüente escoamento lento das águas pluviais e acumulação em áreas mais deprimidas.

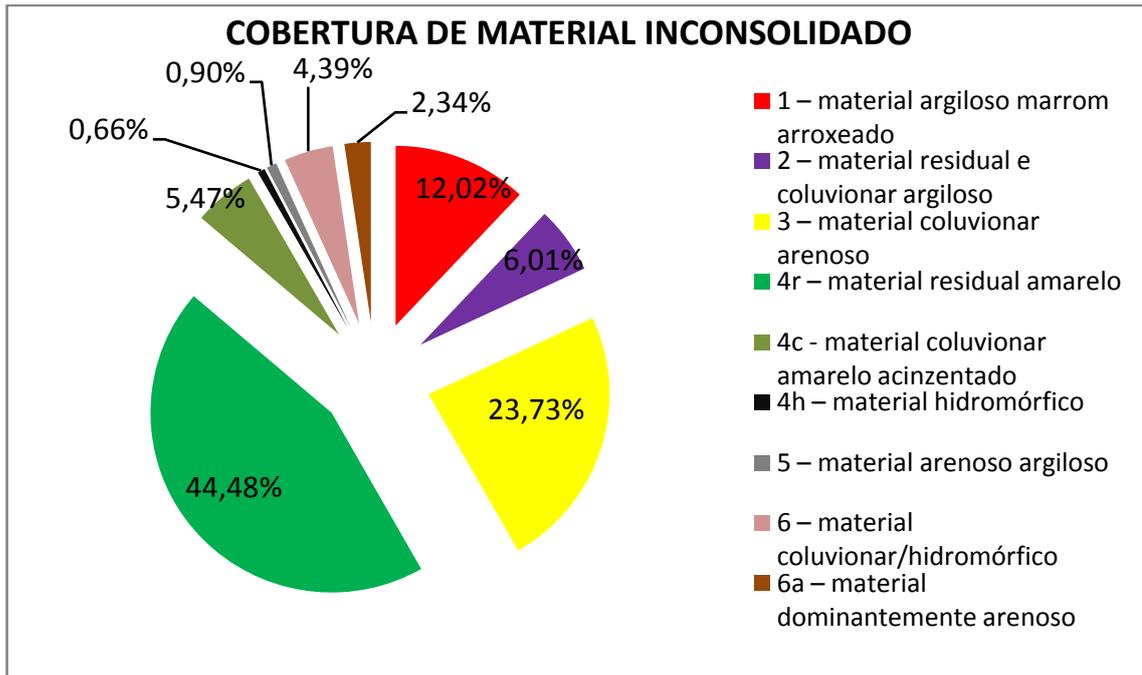


Gráfico 5 – Porcentagem de área ocupada pelo material inconsolidado.

Do ponto de vista morfogenético, o topo plano caracterizado pelo material coluvionar amarelo apresenta fragilidade fraca, denunciada pelos poucos trechos que apresentaram feições erosivas, com ocorrência até 1972. Apesar disso, o uso urbano em setores que denotam estas características requer planejamento, pois são terrenos suscetíveis à movimentação de subsuperfície e, também, a alagamentos. Assim, o plano diretor de drenagem urbana deve controlar o crescimento urbano e promover o escoamento efetivo das águas pluviais.

As áreas constituídas de material coluvionar arenoso, transportados do topo e localizados nas médias vertentes, derivados da Formação Rio Claro, conforme Zaine (2000) caracterizam-se pela suscetibilidade à erosão linear, principalmente associada a cabeceiras de drenagem com declividades acentuadas. A fragilidade física nas áreas que contém este tipo de material varia entre fragilidade muito forte e fragilidade média, dependendo da concentração, intensidade e periodicidade das feições que indicam processos erosivos acelerados e, também, das medidas de inclinação do terreno.

O material argiloso marrom arroxeadado é resultante da Formação Corumbataí, localizando-se nas baixas vertentes de norte à sul, perpassando a área do córrego Mãe Preta, córrego Vila Industrial, córrego Jardim Bandeirantes, córrego Lavapés, córrego Conduta até as proximidades da rodovia Washington Luís. Caracteriza-se, segundo Zaine (2000), por pouca profundidade do nível da água subterrânea e material de comportamento plástico, pouco adequado para aterros. O material argiloso colabora para o escoamento superficial

concentrado, implicando suscetibilidade aos processos erosivos lineares pela ação das águas correntes. A concentração de feições erosivas nestas áreas associada a declives que variam de 5% a 30% determinaram a fragilidade muito forte destes setores na área de estudo.

O material residual coluvionar argiloso é oriundo da Formação Serra Geral, localizando-se nas proximidades do córrego Bandeirantes e próximo à rodovia Washington Luís. De acordo com Zaine (2000) trata-se de um material pouco suscetível aos processos erosivos. Contudo, a escavação pode ser difícil devido a presença de blocos de rocha sã. Apesar destas características, alguns trechos contendo este tipo de material foram caracterizados pela fragilidade muito forte devido a ocorrência de feições erosivas atuais em função do uso antrópico à montante destas feições, no sul da área de estudo, próximo à rodovia Washington Luís.

O material coluvionar amarelo acinzentado é proveniente da Formação Rio Claro, localizando-se nas vertentes do córrego Lavapés. Zaine (2000) afirma que esta unidade apresenta suscetibilidade à erosão linear. As vertentes que contém este tipo de material foram caracterizadas por fragilidades que variam de fraca (declives que variam de 2% a 15% e sulcos erosivos identificados até 1972) a muito forte (terrenos que apresentam suscetibilidade a inundações).

O material de característica coluvionar/hidromórfico é procedente do material transportado pela ação das águas correntes, localizado no fundo de vale do ribeirão Claro, do córrego Cachoeirinha e do córrego Lavapés. Para Zaine (2000), são áreas sujeitas a cheias periódicas, suscetíveis a inundações e, portanto, caracterizam-se por fragilidade física muito forte.

O material predominantemente arenoso é derivado do material transportado pela ação das águas correntes, localizado em trechos do fundo de vale do córrego Mãe Preta, córrego Cachoeirinha, ribeirão Claro, córrego Vila Industrial, córrego Bandeirantes e córrego Lavapés. Zaine (2000) considera este material heterogêneo e predominantemente arenoso, podendo conter fragmentos de materiais tecnogênicos provenientes principalmente da área urbana (concretos, cerâmicas, etc) associados a processos erosivos a montante. Indicam locais de mudanças da energia de transporte pela ação das águas correntes. Este tipo de material caracteriza a fragilidade física muito forte destes ambientes.

O material arenoso argiloso é formado a partir de material transportado pela ação das águas correntes, localizado em trechos do fundo dos vales que deságuam no córrego Cachoeirinha (córrego Mãe Preta) e ribeirão Claro (córrego Vila Industrial, córrego Bandeirantes, córrego Conduta e córrego Itapuã). De acordo com Zaine (2000), caracteriza-se

por material com plasticidade elevada e com baixa capacidade de suporte. Pode estar associado com minas d'água. Em alguns pontos, a retirada deste material sem critérios técnicos adequados, utilizado para obras de jardinagem, tem gerado algumas áreas degradadas. Tais fatores indiciam a fragilidade muito forte destes setores.

O material hidromórfico argiloso localiza-se ao longo do fundo de vale do córrego Lavapés. Conforme Zaine (2000) caracteriza-se por material com plasticidade elevada e com baixa capacidade de suporte. Portanto, trata-se de terrenos que possuem fragilidade física muito forte aos processos morfogenéticos.

No que se refere à fragilidade do meio físico das áreas que são legalmente passíveis de uso antrópico (Gráfico 6), observou-se que os setores que apresentam fragilidade física muito forte correspondem a áreas de planícies de inundação do ribeirão Claro caracterizadas pela suscetibilidade a alagamentos, que não estão inseridas nas medidas estipuladas pela legislação para áreas de preservação permanente. Cabe aqui destacar que as pesquisas de Medinilha (1999) demonstraram que as áreas de preservação permanente, fixadas pela legislação brasileira, deveriam variar em função das características da área, visando o bem-estar social. Portanto, dependendo do contexto, considerar apenas a legislação pode gerar consequências de difícil remediação.

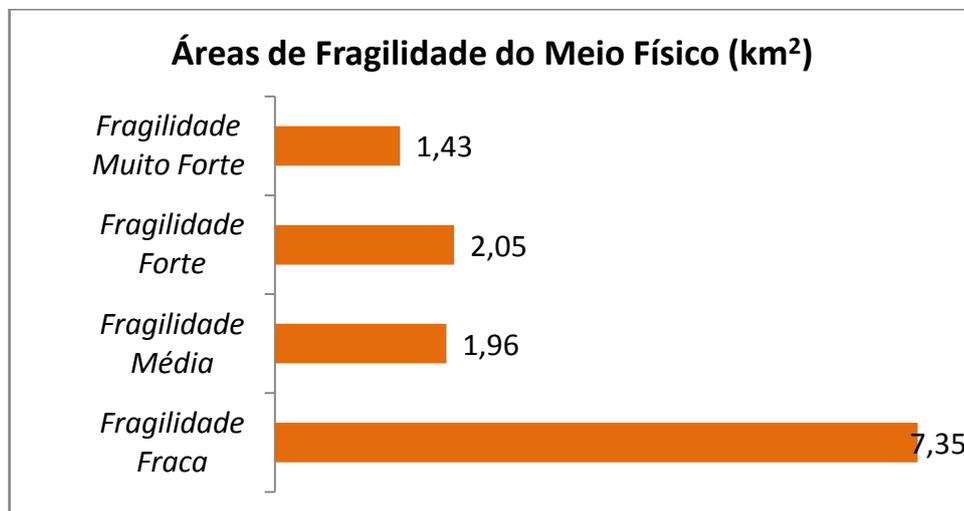


Gráfico 6 - Fragilidade do meio físico. Elaborado pela autora.

Ainda, alguns setores foram caracterizados como fragilidade física muito forte por localizarem-se em concavidades de vertentes próximas a nascentes ou em terrenos côncavos localizados entre a média e baixa vertente que denotam atividade de cursos d'água temporários. A junção de feições que indicam processos erosivos acelerados, como ravinas e voçorocas atuais ou pretéritas, e/ou concentração de sulcos erosivos localizados durante mais de três décadas no mesmo setor, vinculados a terrenos localizados em áreas de materiais

inconsolidados derivados da Formação Corumbataí, materiais que apresentam características hidromórficas ou material coluvionar derivado da Formação Rio Claro, em associação com as características morfométricas, como áreas com declives inferiores a 2% nas proximidades do ribeirão Claro ou declives acima de 15% localizados em vertentes, definiram a fragilidade física muito forte.

Outrossim, identificou-se a fragilidade física forte nos terrenos que contém material coluvionar derivado da Formação Rio Claro localizados na alta e média vertente e que apresentaram feições (sulcos erosivos) que indicam processos erosivos acelerados durante no máximo três décadas, sendo a última no cenário de 1995.

Os setores que foram identificados como fragilidade média apresentaram feições que indicam processos erosivos acelerados – sulcos erosivos – durante no máximo duas décadas, com última ocorrência em 1988. São terrenos caracterizados por material coluvionar derivado da Formação Rio Claro na vertente, apresentando declives que variam de 2% até 15%. Além disso, foram também indicadas em alguns setores do topo que apresentam declives inferiores a 2%, contendo material residual amarelo, também derivado da Formação Rio Claro.

Grande parte da área de estudo apresenta fragilidade física fraca. Constituem-se de setores que não apresentaram feições que indicam processos erosivos acelerados ou que apresentaram sulcos erosivos até 1972. Trata-se de áreas de topos que apresentam declives inferiores a 2% contendo material residual amarelo. Alguns trechos localizados em áreas que apresentam material coluvionar derivado da Formação Rio Claro ou ainda terrenos caracterizados por material residual derivado da Formação Serra Geral também caracterizaram a fragilidade fraca. Cabe ressaltar que, apesar da fragilidade fraca, este setor apresenta restrições ao uso urbano visto que as características acima citadas exigem plano diretor de drenagem urbana.

Estes materiais sustentam formas de relevo variadas que foram identificadas através das cartas geomorfológicas dos cenários de 1962 (Apêndice C), 1972 (Apêndice D), 1988 (Apêndice E), 1995 (Apêndice F) e 2010 (Apêndice G). A análise destes documentos permite a dedução dos processos atuantes no sistema relevo. A análise destas cartas foi realizada em conjunto com as cartas de uso da terra dos cenários de 1962 (Apêndice H), 1972 (Apêndice I), 1988 (Apêndice J), 1995 (Apêndice K) e 2010 (Apêndice L). Considera-se que o uso antrópico transforma o relevo e condiciona, em algumas situações, a morfodinâmica, fornecendo respaldo para o entendimento dos processos que originaram as feições geomorfológicas.

Segundo Nir (1983), a urbanização modifica o sistema geomorfológico local, reduz os

recursos naturais, regula sub-bacias, pois modifica os processos de erosão, transporte e deposição. Na área de estudo ocorreram modificações severas nos afluentes do córrego Cachoeirinha e do ribeirão Claro, inclusive com redução do comprimento do curso d'água natural, nascentes aterradas, canalização e identificação de mudanças nos cursos originais que deram origem a paleocanais. Além disso, parte da topografia original foi modificada por cortes e aterros, destacando o terraceamento para contenção de processos erosivos no entorno da área urbanizada.

No que se refere à análise quantitativa das cartas geomorfológicas, pode-se constatar que muitas feições antropogênicas não existiam no cenário de 1962, tais como hidrografia canalizada, barragem e canais artificiais. Trechos de drenagem canalizada foram observados a partir do cenário de 1972. Os canais artificiais e a barragem foram identificados somente no cenário de 2010 (Gráfico 7).

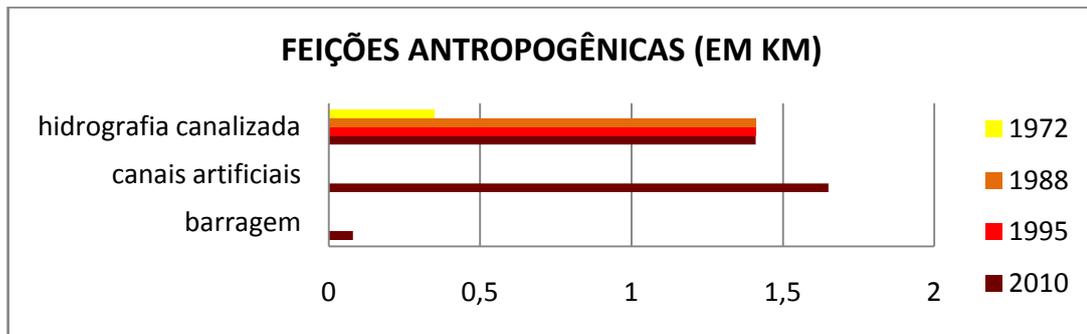


Gráfico 7 - Extensão das feições antropogênicas identificadas na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.

Durante o processo de urbanização, nascentes foram aterradas e córregos foram canalizados. A primeira nascente aterrada e canalização fluvial registrada na área de estudo, foi visível no cenário de 1972, no córrego Lavapés. No cenário de 1988 o alto e médio curso do córrego Lavapés, assim como o alto curso do córrego Conduta, estava totalmente canalizado.

Também vinculado à urbanização encontra-se o sistema de drenagem urbana para escoamento das águas. Os canais artificiais caracterizam-se, na área estudada, por canais de escoamento das águas pluviais dispostos a céu aberto. Tais canais foram identificados no cenário de 2010 em dois trechos da área de estudo: na Avenida Presidente Kennedy próximo ao aeroclube e no bairro Saúde. Dada a escala da pesquisa, canais artificiais de pequena extensão não foram representados.

Além disso, outra feição antropogênica observada a partir do cenário de 2010 foi a barragem localizada próximo à FEENA (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade), referente à captação da Estação de Tratamento de Água (ETA1 José Maria Pedroso).

Os terraços agrícolas são feições antrópicas não quantificáveis, identificadas apenas nos cenários posteriores a 1962 (1972, 1988, 1995 e 2010) e também serão discutidas no decorrer deste capítulo. As únicas feições antropogênicas identificadas no cenário de 1962 referem-se aos caimentos antrópicos (dado não quantificável) e rupturas topográficas antrópicas (Gráfico 8).

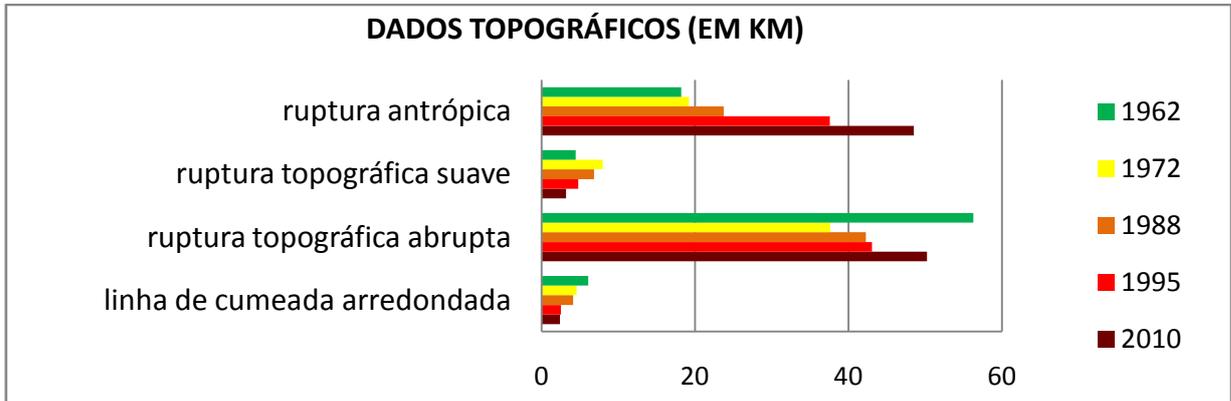


Gráfico 8 - Extensão dos dados topográficos identificados na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.

As rupturas topográficas antrópicas são feições que representam cortes e aterros para a construção de vias de circulação, arruamentos e quadras que interferem na ação das águas correntes sobre o sistema relevo. Tais rupturas apresentaram aumento progressivo desde 1962 até o cenário de 2010. Os caimentos topográficos antrópicos referem-se aos arruamentos que modificam a direção do escoamento das águas pluviais, interferindo nos processos morfogenéticos.

Os processos de terraplanagem comuns nas áreas urbanas mascaram e/ou transformam feições existentes tais como linhas de cumeada e rupturas topográficas abruptas e suaves, modificando a morfodinâmica.

De maneira geral, as rupturas topográficas suaves foram observadas em áreas caracterizadas por topografia plana e alguns trechos da alta vertente no centro-sul da área de estudo. No cenário de 1962 esta feição se localizava nas áreas rurais próximas ao aeroclube, zona central e bairro da Saúde. No cenário de 1972, período de maior extensão desta feição, foi localizada na alta vertente do Córrego Conduta, durante o período de ocupação do bairro Cidade Jardim e também no bairro da Saúde. Posteriormente houve redução desde 1988 até o cenário de 2010. Nestes cenários as rupturas foram identificadas na Zona Central e no bairro da Saúde apresentando menor extensão, modificação na localização e na forma da feição nestes terrenos urbanizados.

As rupturas suaves são difíceis de serem identificadas em terrenos urbanizados. As mudanças ocorridas na localização e na forma destas feições ocorreram de acordo com a

disposição dos arruamentos urbanos, retilinizando esta feição em alguns setores, bem como a criação de estradas de terra na área rural aplainando rupturas existentes em cenários anteriores.

No que se refere às rupturas topográficas abruptas, estas foram observadas em áreas que: apresentam concavidades ou convexidades expressivas, marcando a transição entre o topo e a alta vertente; entre esta e a média vertente, em áreas de cabeceiras de drenagem; e entre a média e a baixa vertente.

Os dados apontam que esta feição apresentou maior extensão durante o cenário de 1962. Algumas rupturas abruptas observadas no cenário de 1962 não foram identificadas no cenário de 1972 em função de terraplanagem durante o processo de urbanização, descaracterizando a forma destas feições ou modificando a localização destas. Rupturas abruptas foram identificadas na vertente que drena para o córrego Lavapés e Bandeirantes nos cenários de 1962, 1988 e 1995. Em função disso, houve aumento gradativo a partir de 1988 até 2010. Apesar do aumento gradativo, algumas rupturas topográficas observadas no cenário de 1962 não foram vistas em outros cenários, tais como as rupturas identificadas no trecho da vertente onde atualmente estão instalados os bairros Mãe Preta e Vila Industrial. Além disso, as rupturas abruptas que se delineavam expressivamente nas concavidades de vertentes próximas ao ribeirão Claro entre os bairros Vila Paulista e Conduto no cenário de 1962 apresentaram-se retilinizadas no cenário de 2010.

Geralmente, as mudanças ocorridas na localização e forma das rupturas abruptas ocorreram em função da urbanização, dos processos de terraplanagem, dos cortes e aterros objetivando nivelamento do terreno para construção de vias urbanas e ocupação dos lotes.

O crescimento da cidade de Rio Claro desde 1962 foi rápido. Em 1962, 9,5% da área de estudo caracterizava-se por lotes edificados (Gráfico 9). Estes valores aumentam nos cenários seguintes, apresentando, em 2010, quase o triplo da área de 1962. O aumento das áreas de lotes edificados interferiu diretamente na redução da percepção das linhas de cumeadas suaves, visto que a área urbanizada dificulta a visualização espacial destas feições. Os valores de extensão em 1962 apresentaram maior valoração, com redução gradativa nos cenários posteriores.

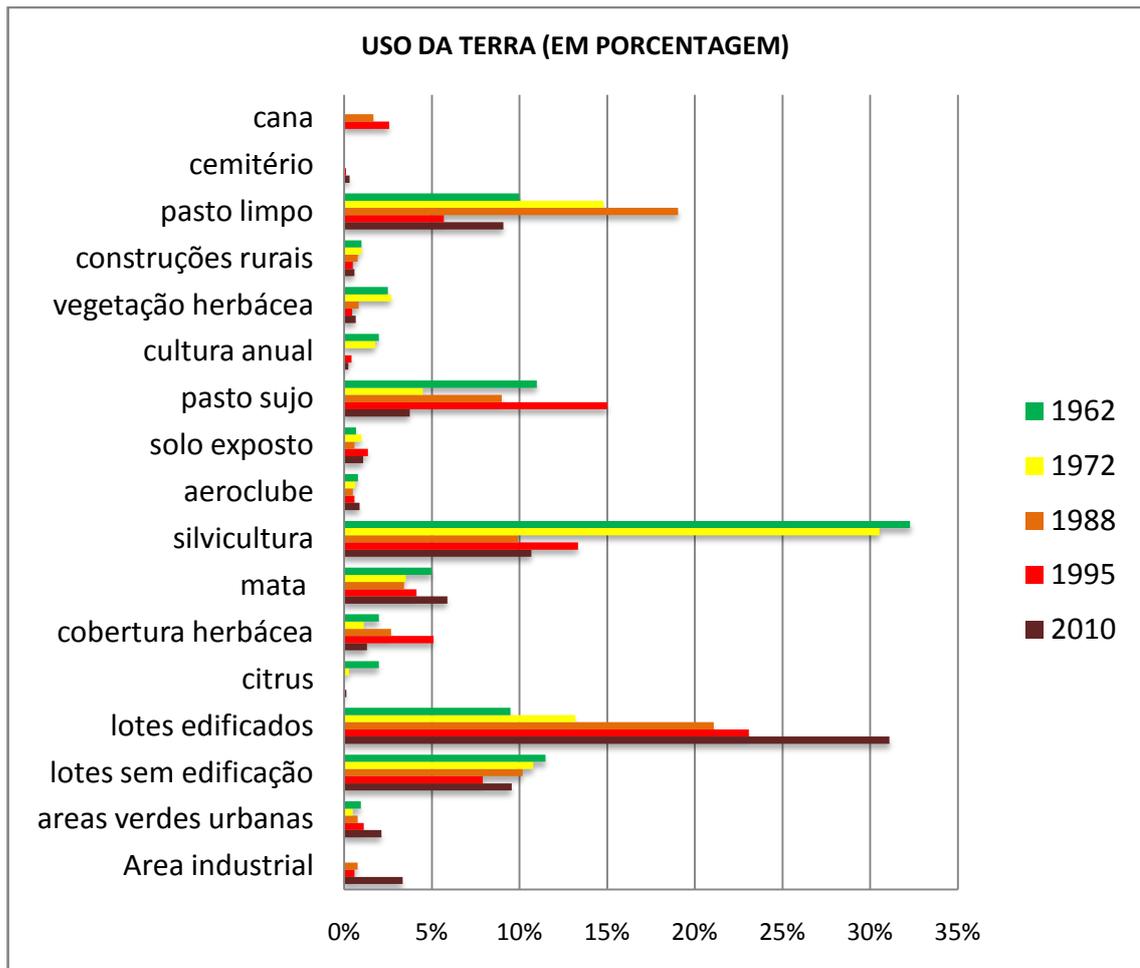


Gráfico 9 - Evolução da área ocupada por cada classe de uso da terra no setor leste da cidade de Rio Claro. Elaboração e orgs: a autora.

No que se refere às feições erosivas, constatou-se que as voçorocas identificadas na área de estudo sofreram redução gradativa (Gráfico 10) durante o período de tempo estudado. Além disso, as ravinas também sofreram redução de 1962 até 1972. Houve aumento desta feição em 1988 e posterior redução até o cenário de 2010. A redução destas feições ocorreu em função de medidas paliativas por parte do poder público para contenção dos processos. Uma destas medidas foi o terraceamento do terreno.

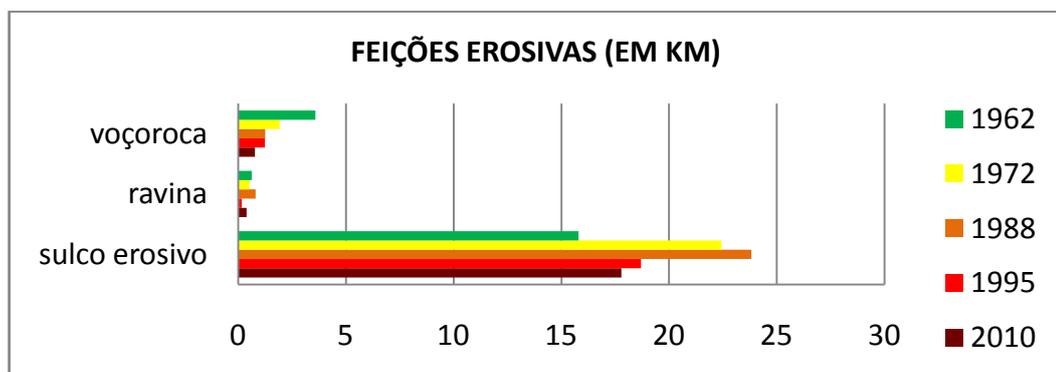


Gráfico 10 – Extensão das feições erosivas identificadas na área de estudo. Elaboração e orgs: a autora.

Em contrapartida, os dados quantitativos apontam que os sulcos erosivos aumentaram

gradativamente até o ano de 1995 com posterior redução no cenário de 2010. Constatou-se que, no cenário de 1962, as feições erosivas apresentavam-se dispersas na área de estudo. No cenário de 1972, 1988 e 1995, há concentração de sulcos erosivos em áreas que estão em processo de ocupação dos lotes urbanos. No cenário de 2010, estas feições erosivas se concentram nas superfícies permeáveis das áreas periféricas, na baixa vertente, próximas ao fundo de vale, terrenos localizados no entorno da área urbanizada.

Neste contexto, os dados de extensão dos sulcos erosivos do cenário próximo do atual (2010) comparados ao cenário mais antigo (1962) indicam que, na área de estudo, os processos erosivos lineares são mais intensos no cenário de 2010, visto que este cenário apresenta o dobro da área impermeabilizada, conforme o gráfico 11.

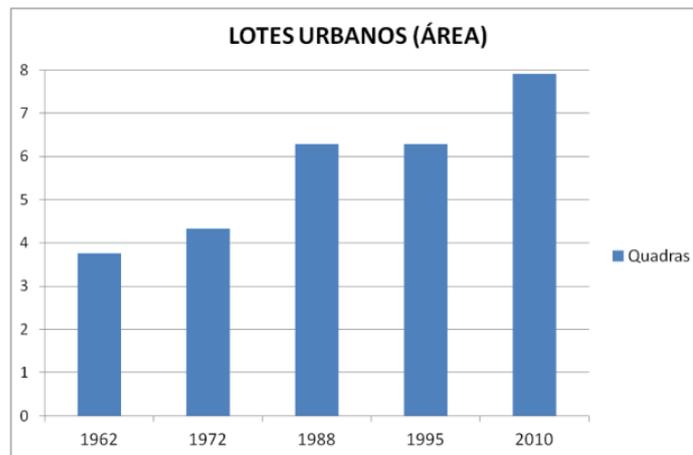


Gráfico 11 - Área ocupada por lotes urbanos (em km²). Elaboração e orgs: a autora.

Sabe-se que o processo de urbanização aumenta a impermeabilização do terreno e estanca os processos erosivos nas áreas urbanizadas. As feições erosivas observadas no cenário de 2010 ocorrem num espaço geográfico restrito (nas áreas permeáveis próximas às áreas impermeáveis).

Ainda, cabe aqui destacar que a escala da pesquisa restringiu a representação de todas as feições erosivas identificadas no cenário de 2010. Muitas vezes, o símbolo utilizado para identificar um sulco erosivo representa dois ou três sulcos. Estes fatos indicam que os processos erosivos no cenário atual são concentrados nas áreas periféricas em consequência da urbanização, visto que há o aumento do escoamento superficial das águas correntes que atuam de maneira linear – dada a disposição dos arruamentos dos terrenos impermeáveis direcionarem-se para a periferia permeável, caracterizando descontinuidade de área pavimentada e não pavimentada. Deste modo, há também o aumento dos canais pluviais alinhados aos arruamentos urbanos direcionados para o fundo de vale.

A concentração de sulcos erosivos foi observada em dois tipos de usos: durante o

período de pré-urbanização, quando os loteamentos estão prontos e inicia-se a ocupação destes; e em terrenos utilizados para pasto limpo, com presença de vegetação rasteira, localizados em níveis topográficos abaixo de áreas com uso urbano. Assim, considera-se que os arruamentos urbanos concentram águas pluviais que escoam direcionados às áreas de pasto limpo, contribuindo para a formação de feições erosivas, visto que o pisoteamento do gado causa compactação do solo, reduzindo a capacidade de infiltração e aumentando a capacidade de escoamento superficial destes terrenos, resultando nas feições erosivas.

Cabe aqui destacar que o pasto limpo aumentou significativamente de 1962 até 1988, ocupando espaços que antes eram de pasto sujo e silvicultura. No cenário de 1995 sua área se reduz devido a substituição deste por silvicultura, cana de açúcar, pasto sujo e urbano. Em 2010, apesar de perder espaço para a urbanização, sua área aumenta, ocupando espaços de pasto sujo e silvicultura.

Em contrapartida, os dados apontam que o pasto sujo apresentou redução da sua área de 1962 até 1972. Posteriormente, houve aumento gradativo entre 1988 e 2005, sofrendo redução significativa no cenário de 2010. Observou-se que os terrenos ocupados com pasto sujo foram substituídos por pasto limpo, silvicultura, cana de açúcar e pelo uso urbano.

É relevante destacar, também, a importância da silvicultura no município em 1962, ocupando 32,3% do setor leste. Os eucaliptos cultivados na FEENA são coleções da espécie *Eucalyptus L'Hér*, integrantes da família Myrtaceae, oriunda da Austrália (REIS et al, 2005). Trata-se de espécies altas, que apresentam raízes pivotantes profundas, quase sempre ectomicorrizas (associações mutualísticas entre fungos e raízes), que buscam água em lençóis d'água subterrâneos. A profundidade das raízes varia de acordo com a espécie (LAVABRE, 2001; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001 citados por MALINOWSKI, 2010). A redução deste tipo de uso foi gradativa ao longo dos anos, cujos espaços passaram a ser usados para a urbanização e áreas de pastoreio (pasto limpo e pasto sujo).

Cabe destacar que a substituição do uso de silvicultura pelo uso urbano em setores caracterizados por material superficial de origem arenosa, como os derivados da Formação Rio Claro, pode contribuir para movimentação de subsuperfície. Sabe-se que este tipo de material superficial encontra-se em constante reajuste. Neste sentido, as raízes de característica pivotante, extraídas ou mortas, potencializam tais processos, visto que alteram as condições de compactação do material superficial, podendo ocasionar danos à área urbanizada.

Outra influência da urbanização foi identificada nos dados de solo exposto. De maneira geral, os dados de solo exposto mostram oscilação da área ao longo dos anos.

Geralmente, a classe de uso solo exposto ocorre em terrenos em período de construções, arruamentos ou áreas de uso rural, com colheita recente e preparo da terra. Os altos valores identificados nos cenários de 1995 e 2010 referem-se à ocorrência de solos expostos em terrenos destinados à urbanização (Conjunto Habitacional e Fórum, respectivamente).

Os dados de canais temporários (Gráfico 12) também indicam alterações decorrentes do processo de urbanização. Considera-se que o processo de urbanização alterou profundamente a ação das águas correntes nestes setores. No cenário de 2010 a extensão dos cursos d'água temporários somados sextuplicou em relação ao cenário de 1995. Cabe ressaltar que as concentrações de canais temporários no cenário de 2010 foram identificadas na baixa vertente, às margens das áreas urbanizadas, alinhadas aos arruamentos.

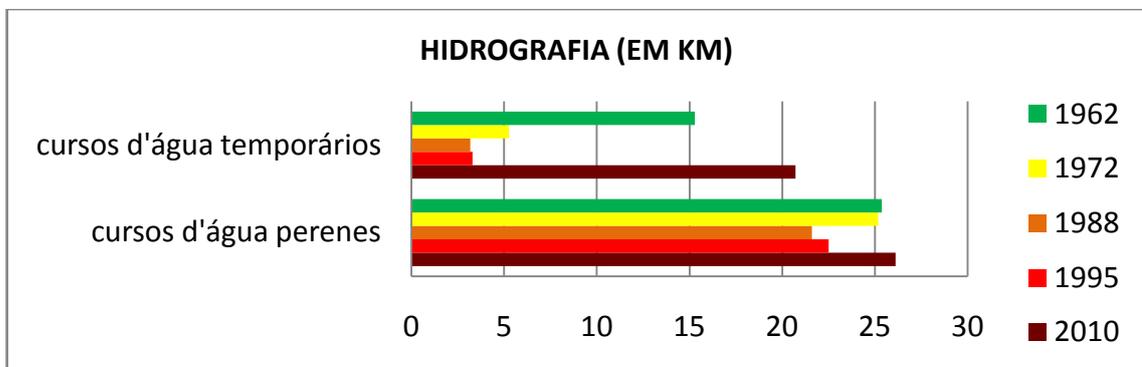


Gráfico 12 – Extensão da hidrografia. Elaboração e orgs: a autora.

Alterações foram identificadas também na extensão dos cursos d'água perenes. Estes sofreram redução desde 1962 até 1988, aumentando posteriormente até o cenário de 2010. Sabe-se que de 1962 até 1988 foi o período em que a urbanização foi mais intensa. Neste sentido, diversos canais de primeira ordem foram assoreados, nascentes foram aterradas; observou-se paleocanais e setores em que os cursos d'água foram canalizados. O aumento ocorrido no cenário de 1995 e 2010 refere-se unicamente ao ribeirão Claro, que teve a forma modificada em função do seu padrão meandrante, caracterizado pela dinâmica de deposição na margem convexa e erosão na margem côncava, definindo o intenso processo de remobilização e acomodação do material transportado, bem como as influências não apenas da área urbanizada durante o período estudado, mas também sob a influência de toda a bacia na qual se insere (Bacia do Corumbataí).

Os dados referentes aos meandros abandonados (Gráfico 13) apontam que a dinâmica erosiva dos rios da área de estudo se reduziu a partir de 1988. Acredita-se que tais alterações ocorreram em função da grande quantidade de sedimentos oriunda das vertentes durante o processo de urbanização.

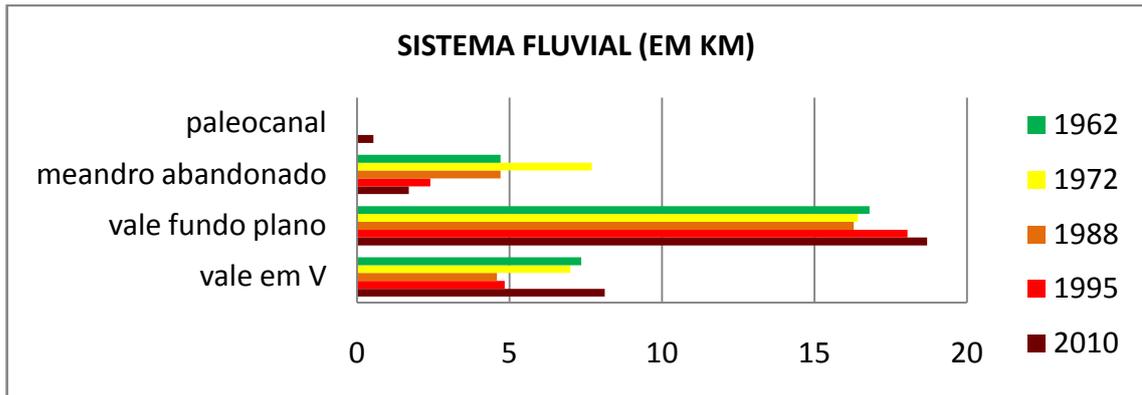


Gráfico 13 – Extensão dos dados referentes ao sistema fluvial. Elaboração e orgs: a autora.

Conforme Penteado (1974) os meandros abandonados são formados a partir da erosão da margem côncava e deposição na margem convexa. Os meandros identificados na área de estudo são caracterizados como meandros divagantes, pois ocorrem em áreas do ribeirão Claro onde a sinuosidade do rio é independente do traçado do vale. Nos trechos que apresentam meandros abandonados a carga de material em suspensão é maior do que a carga do leito.

Os meandros abandonados estão vinculados à dinâmica erosiva do curso d'água. Neste sentido, cabe destacar que os vales em v continham somados uma extensão de 7,35km em 1962 e também foram reduzidos até 1988 (6,99km em 1972, 4,59km em 1988), aumentando posteriormente (4,84km em 1995 e 8,12km em 2010). Já os vales de fundo plano continham 16,8km em 1962, também reduziram sua extensão até 1988 (16,42km em 1972, 16,29km em 1988), aumentando posteriormente (18,05km em 1995 e 18,69 em 2010).

O rio da área de estudo cuja característica principal é o fundo plano é o ribeirão Claro. Uma análise minuciosa permite considerar que em 1962 e 1972 a extensão dos vales de fundo plano era o dobro da extensão dos fundos de vale em v deste período. Já em 1988 e 1995, a extensão dos vales de fundo plano eram o triplo da extensão dos vales em v. Em 2010, a extensão dos vales de fundo plano apresentou o dobro da extensão dos vales em v. Estes dados indicam que os cenários de 1988 e 1995 continham muito mais sedimentos no fundo de vale, modificando sua dinâmica (de erosiva para deposicional) do que os cenários dos outros períodos. Grande parte deste material era proveniente do processo de urbanização intenso desde 1972. O potencial erosivo dos rios da área de estudo é refletido pelos dados de 1962, 1972 e retomada erosiva em 2010. Por isso, houve redução dos meandros abandonados desde 1988.

Já a área de planície e terraço fluvial (APTF) sofreu aumento (Gráfico 14) desde 1962 até 1972, com posterior redução gradativa de 1988 até 2010. Os mapeamentos permitem

identificar que as variações destes dados são diferentes conforme o contexto local de urbanização e serão discutidos no decorrer deste capítulo.

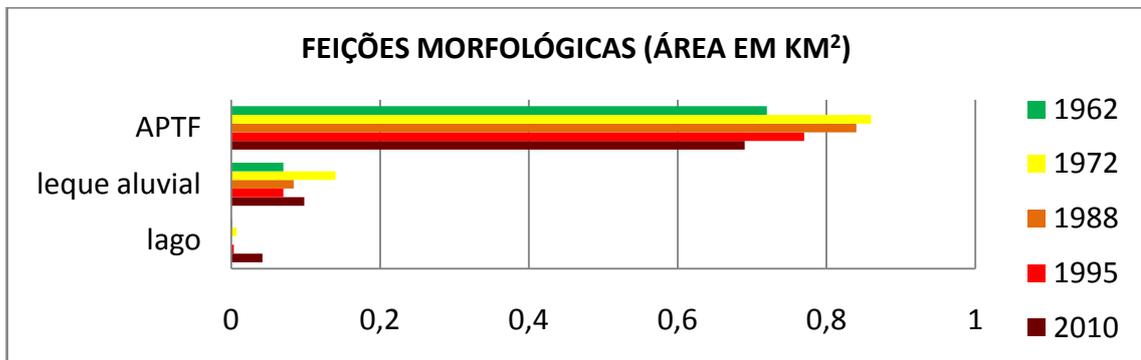


Gráfico 14 – Área ocupada por feições oriundas do sistema fluvial. Elaboração e orgs: a autora.

De maneira geral, o excesso de feições erosivas durante e após o loteamento e ocupação urbana das áreas próximas às cabeceiras dos afluentes do ribeirão Claro, resultaram no aumento local da APTF. Os afluentes do ribeirão Claro, que antes da urbanização possuíam seus vales em forma de “v”, passaram a ter fundo plano em função do aumento de carga de sedimentos decorrentes do processo de urbanização, bem como alterações antrópicas a partir da disposição de materiais tecnogênicos, cortes e aterros, etc. As ações antrópicas contribuem para o transporte de material pela ação das águas correntes e deposição no trecho de redução de energia do curso fluvial.

Na área de APTF foi identificada vegetação herbácea. A ocupação da área por este tipo de vegetação sofreu reduções gradativas desde o cenário de 1962, cujas áreas foram ocupadas por mata ciliar. A vegetação herbácea ocupava o fundo de vale do ribeirão Claro em função da oscilação do lençol freático e sua redução provavelmente está vinculada à modificações no nível do lençol.

Nas confluências de alguns córregos com o córrego Cachoeirinha e com o ribeirão Claro, identificaram-se leques aluviais. Os dados apontaram oscilações das áreas de leques aluviais durante o período estudado. Pode-se observar um aumento considerável da área de leque aluvial no cenário de 1972, década de intensificação da urbanização. Este aumento indica o excesso de sedimentos oriundos das vertentes em processo de urbanização que drenam, sobretudo, para o córrego Lavapés.

De maneira geral, as áreas ocupadas pelos lagos ou águas represadas também sofreram alterações ao longo do período estudado. O aumento da área no cenário de 2010 ocorreu em função da identificação das águas represadas pela Estação de Tratamento de Água (ETA1) bem como a presença de lagoas em alguns trechos do sul da área de estudo.

As modificações anteriormente expostas ocorreram em terrenos que apresentam

distintas fragilidades do meio físico (Apêndice M) e diversas dinâmicas de uso da terra ao longo dos anos (Quadro 12), resultando em diferentes níveis de restrições do relevo ao uso urbano, classificados de maneira ordenada do menos restritivo para os terrenos que apresentam maiores restrições a este tipo de uso (Apêndice N).

Classes de fragilidade do meio físico	DINÂMICA DE USO DA TERRA					Níveis de restrição do relevo ao uso urbano	Classificação
	1962	1972	1988	1995	2010		
fraco	citrus	silvicultura	urbano	urbano	urbano	moderado	I
fraco	silvicultura	pastagem	cob. herbácea	cob. herbácea	urbano	moderado	II
fraco	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	urbano	moderado	III
fraco	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano	moderado	IV
fraco	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	urbano	moderado	V
fraco	pastagem	pastagem	urbano	urbano	urbano	moderado	VI
fraco	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	moderado	VII
fraco	pastagem	pastagem	cana	cana	urbano	moderado	VIII
fraco a médio	silvicultura	pastagem	pastagem	cob. herbácea	urbano	moderado	IX
fraco	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	moderado	X
fraco a médio	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	industrial	moderado	XI
fraco	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	moderado	XII
médio	cultura anual	pastagem	urbano	urbano	urbano	moderado	XIII
fraco	pastagem	pastagem	cobertura herbácea	urbano	urbano	moderado	XIV
fraco a médio	cultura anual	cultura anual	pastagem	cana	industrial	moderado	XV
fraco a médio	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial	moderado	XVI
fraco a médio	silvicultura	silvicultura	silvicultura	pastagem	industrial	moderado	XVII
fraco a médio	pastagem	silvicultura	urbano	urbano	urbano	moderado	XVIII
fraco a médio	silvicultura	urbano	urbano	urbano	urbano	moderado	XIX
fraco a médio	pastagem	pastagem	silvicultura	pastagem	industrial	moderado	XX
fraco a médio	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	industrial	moderado	XXI
fraco a médio	pastagem	urbano	urbano	urbano	urbano	moderado	XXII
fraco a médio	cultura anual	urbano	urbano	urbano	urbano	moderado	XXIII
fraco	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano	moderado	XXIV
fraco a médio	urbano	urbano	urbano	urbano	urbano	moderado	XXV
fraco	silvicultura	silvicultura	urbano	urbano	urbano	moderado	XXVI
médio a muito forte	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	severo	XXVII

forte	silvicultura	urbano	urbano	urbano	urbano	severo	XXVIII
médio a forte	silvicultura	pastagem	pastagem	cobertura herbácea	urbano	severo	XXIX
forte a muito forte	cultura anual	pastagem	urbano	urbano	urbano	severo	XXX
fraco a forte	pastagem	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	severo	XXXI
forte	cultura anual	cultura anual	pastagem	pastagem	pastagem	severo	XXXII
forte a muito forte	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	severo	XXXIII
médio a forte	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano	severo	XXXIV
médio	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	severo	XXXV
médio a forte	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano	severo	XXXVI
fraco a médio	cobertura herbácea	cobertura herbácea	urbano	urbano	urbano	severo	XXXVII
forte a muito forte	pastagem	urbano	urbano	urbano	urbano	severo	XXXVIII
médio a muito forte	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	urbano	severo	XXXIX
fraco a muito forte	pastagem	silvicultura	silvicultura	silvicultura	pastagem	severo	XL
forte	cobertura herbácea	silvicultura	urbano	urbano	urbano	severo	XLI
forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial	severo	XLII
médio a muito forte	silvicultura	silvicultura	urbano	urbano	urbano	severo	XLIII
fraco a muito forte	silvicultura	pastagem	pastagem	cana	urbano	severo	XLIV
forte a muito forte	pastagem	silvicultura	urbano	urbano	urbano	severo	XLV
forte a muito forte	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	industrial	severo	XLVI
médio a muito forte	pastagem	pastagem	urbano	urbano	urbano	muito severo	XLVII
médio a muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	urbano	muito severo	XLVIII
forte a muito forte	urbano	urbano	urbano	urbano	urbano	muito severo	XLIX
fraco a muito forte	cobertura herbácea	urbano	urbano	urbano	urbano	muito severo	L
muito forte	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano	muito severo	LI
médio a muito forte	pastagem	pastagem	silvicultura	silvicultura	mata	muito severo	LII
muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial	muito severo	LIII
muito forte	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano	muito severo	LIV
médio a muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	silvicultura	muito severo	LV
forte a muito forte	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LVI
fraco a muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	muito severo	LVII
fraco a muito forte	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	vegetação herbácea	muito severo	LVIII

médio a muito forte	mata	mata	mata	mata	mata	muito severo	LIX
muito forte	mata	mata	silvicultura	silvicultura	mata	muito severo	LX
forte a muito forte	pastagem	pastagem	silvicultura	pastagem	pastagem	muito severo	LXI
médio a muito forte	pastagem	pastagem	cana	cana	urbano	muito severo	LXII
fraco a muito forte	silvicultura	silvicultura	pastagem	pastagem	urbano	muito severo	LXIII
fraco a muito forte	pastagem	pastagem	silvicultura	silvicultura	pastagem	muito severo	LXIV
fraco a muito forte	mata	cobertura herbácea	urbano	urbano	urbano	muito severo	LXV
fraco a muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXVI
médio a muito forte	mata	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXVII
muito forte	mata	mata	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXVIII
fraco a muito forte	silvicultura	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXIX
muito forte	mata	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXX
muito forte	vegetação herbácea	vegetação herbácea	mata	mata	mata	muito severo	LXXI
muito forte	silvicultura	pastagem	pastagem	mata	mata	muito severo	LXXII
muito forte	mata	vegetação herbácea	pastagem	pastagem	pastagem	muito severo	LXXIII
muito forte	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	mata	muito severo	LXXIV
<p>FEENA - Área tombada através da Resolução da Secretaria da Cultura s/nº, de 9 de dezembro de 1977; Artigo 17 da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências; Decreto nº 46.819, de 11 de junho de 2002, transforma o Horto Florestal Edmundo Navarro de Andrade e todo seu acervo histórico, científico e cultural, localizado nos Municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade e dá providências correlatas;</p> <p>APP - Área de preservação permanente: Em zonas rurais ou urbanas, nas 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 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (Art. 4 da Lei Federal 12.651/2012, alterado pela Lei Federal 12.727/2012);</p> <p>As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de 30 (trinta) metros em zonas urbanas (Art. 4 da Lei Federa 12.651/2012); Em zonas rurais ou urbanas, nas áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Art. 4 da Lei Federal 12.651/2012, alterado pela Lei Federal 12.727/2012);</p> <p>Parcelamento do solo para fins urbanos - Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes (Artigo 3 da Lei Federal 6766/79).</p>							LEGAL

Quadro 12 – Classificação dos níveis de restrições ao uso urbano do setor leste da cidade de Rio Claro (SP).

Vermelho: sulcos erosivos; **Lilás:** ravinamentos ou voçorocamentos pretéritos; **Marrom:** Presença de ravinas ou voçorocas atuais. Elaborado pela autora.

Os terrenos da área de estudo apresentam suscetibilidade aos processos erosivos, a qual implicou na construção de terraços agrícolas (Figura 12) nas proximidades da área urbanizada.

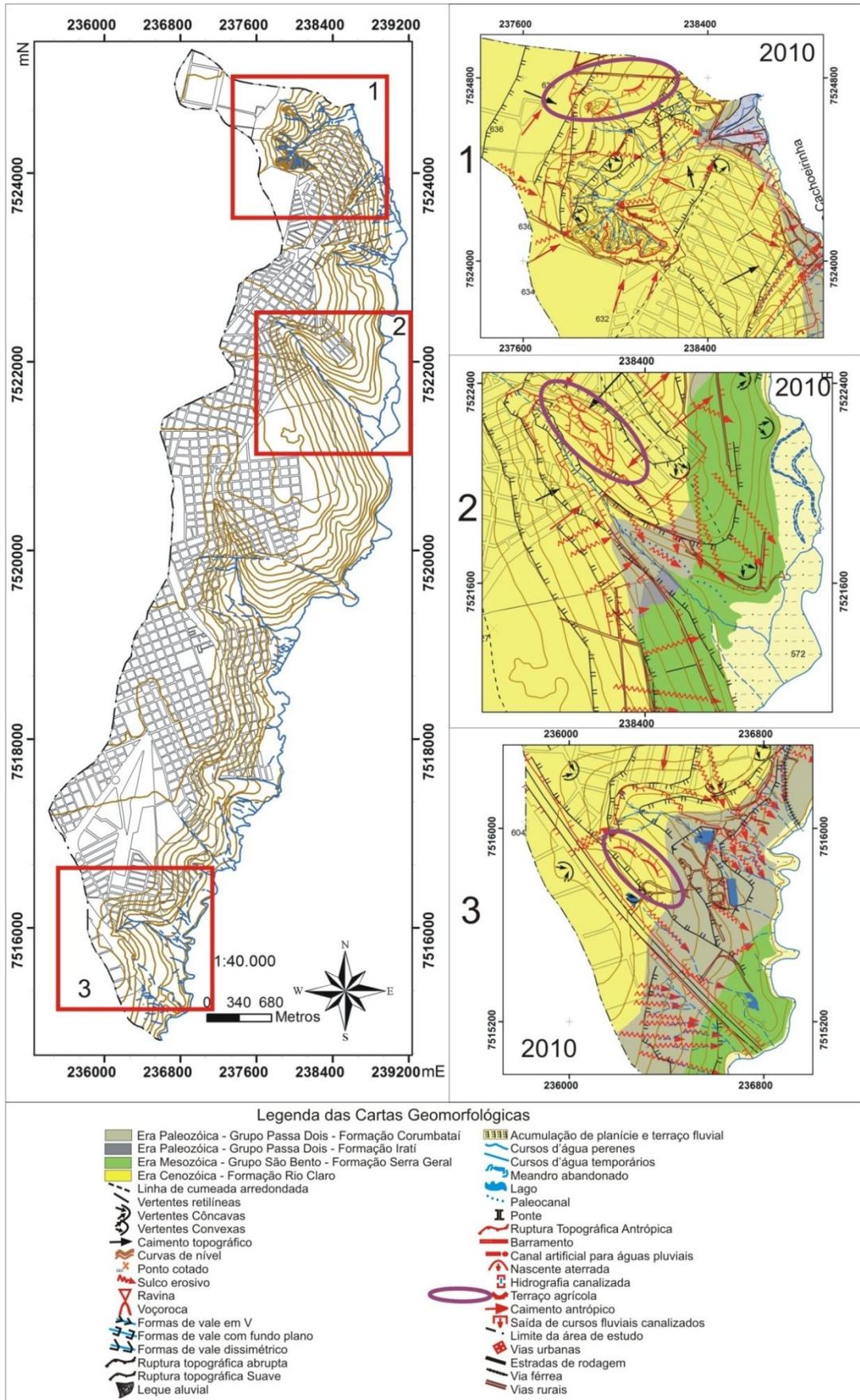


Figura 12 – Trechos da carta geomorfológica do cenário de 2010 apresentando setores com terraços agrícolas para contenção de processos erosivos. Elaboração e orgs: a autora.

Os terraços agrícolas foram identificados a partir do cenário de 1995. O terraceamento ocorreu na margem esquerda do córrego Bandeirantes e do córrego Mãe Preta (Figura 13) e, também, no sul da área de estudo, próximo à Rodovia Washington Luís, na margem direita do córrego Itapuã.



Figura 13 – Terraço agrícola na margem esquerda do Córrego Mãe Preta. Fonte: Acervo pessoal, Outubro/2014.

Como pode ser observado, algumas mudanças ocorridas na área de estudo foram pontuais, de maneira que foram selecionados alguns setores para discutir as alterações ocorridas ao longo do período de tempo estudado. Os setores selecionados são as áreas drenadas pelo córrego Mãe Preta, córrego Cachoeirinha, córrego Vila Industrial, córrego Bandeirantes, córrego Lavapés, córrego Conduta e córrego Itapuã.

O primeiro setor destacado é o córrego Mãe Preta (Figura 14), afluente do córrego Cachoeirinha. Pode-se observar que, no cenário de 1962, a voçoroca localizada no córrego Mãe Preta ocupava toda a extensão das nascentes do curso principal numa área de mata ciliar e solo exposto. A partir do cenário de 1972, a área de mata é reduzida para o uso de pasto limpo e, em 1988 também para o uso de pasto sujo. Devido à presença de silvicultura na margem esquerda do curso principal, não houve expansão da voçoroca. No cenário de 2010 observou-se que a área da voçoroca (Figura 15) ficou limitada a um terreno de pasto sujo (Figura 16). A presença de sulcos erosivos no cenário de 2010 à montante da voçoroca e, também em terrenos onde o voçorocamento foi contido indicia a fragilidade muito forte da área.

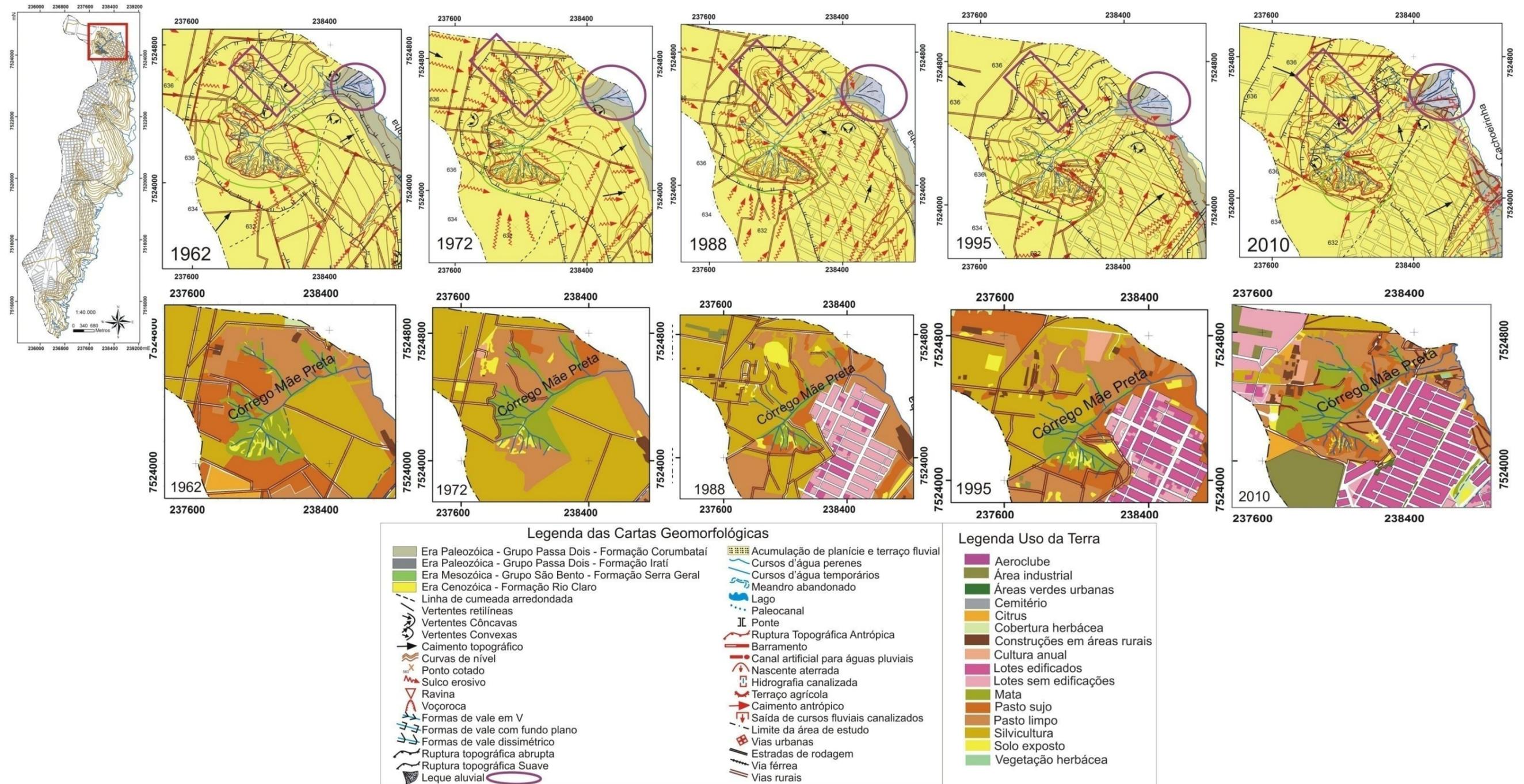


Figura 14 – Trecho de área drenada pelo córrego Mãe Preta – feições morfológicas e uso da terra. Elaboração e orgs: a autora.



Figura 15 – Voçoroca localizada no córrego Mãe Preta. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.



Figura 16 – Sulco erosivo em área próxima à voçoroca do córrego Mãe Preta em área de pastoreio. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.

O córrego Granja Rosada é afluente da margem esquerda do córrego Mãe Preta. A nascente do córrego Granja Rosada estava aterrada, conforme observou-se no cenário de 1988. O aterro teve o objetivo de conter os processos erosivos. Na área, pode-se observar a presença da voçoroca Granja Rosada em 1962 e 1972. Há ravina e diversos sulcos no cenário de 1988, topograficamente abaixo da nascente aterrada. Silva et al (1997) denunciam o depósito de lixo industrial na área da voçoroca. Em 1995 observou-se a redução do comprimento do canal fluvial e os terraços de contenção de processos erosivos. Em 2010, constatou-se que o terraceamento modificou totalmente a topografia e o curso d'água: um novo sistema de drenagem foi instalado, aumentando a extensão do comprimento do curso

fluvial.

O uso urbano em terrenos do baixo curso do córrego Mãe Preta, com características deposicionais, contribuiu para o despejo de esgoto doméstico *in natura* nos cursos d'água, bem como para o excesso de materiais antropogênicos depositados neste trecho de alta fragilidade do meio físico (Figura 17).



Figura 17 – Uso urbano em terrenos do baixo curso com características deposicionais. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.

O córrego Mãe Preta deságua no córrego Cachoeirinha, trecho que será agora destacado em função do processo de urbanização identificado desde o cenário de 1988. O terreno drenado por este córrego representa o primeiro e o segundo estágio evolutivo do processo de urbanização de Nir (1983).

Em 1962 e 1972 as vertentes drenadas pelo córrego Cachoeirinha eram caracterizadas pelo uso rural. Comparando o cenário de 1962 com o de 1972 (Figura 18) houve o aumento da área ocupada pela silvicultura, enquanto as áreas de pasto limpo ficaram restritas às proximidades do córrego Cachoeirinha, junto a algumas construções nas áreas rurais. Apesar do aumento da silvicultura em detrimento das áreas destinadas ao pastoreio, tinham mais feições erosivas no cenário de 1972.

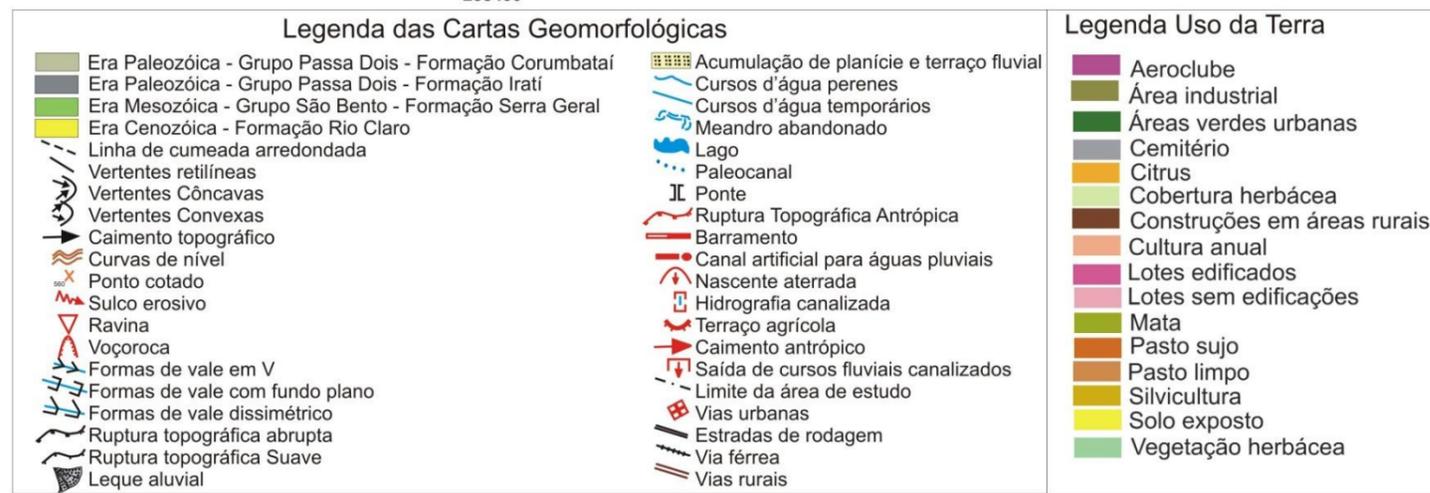
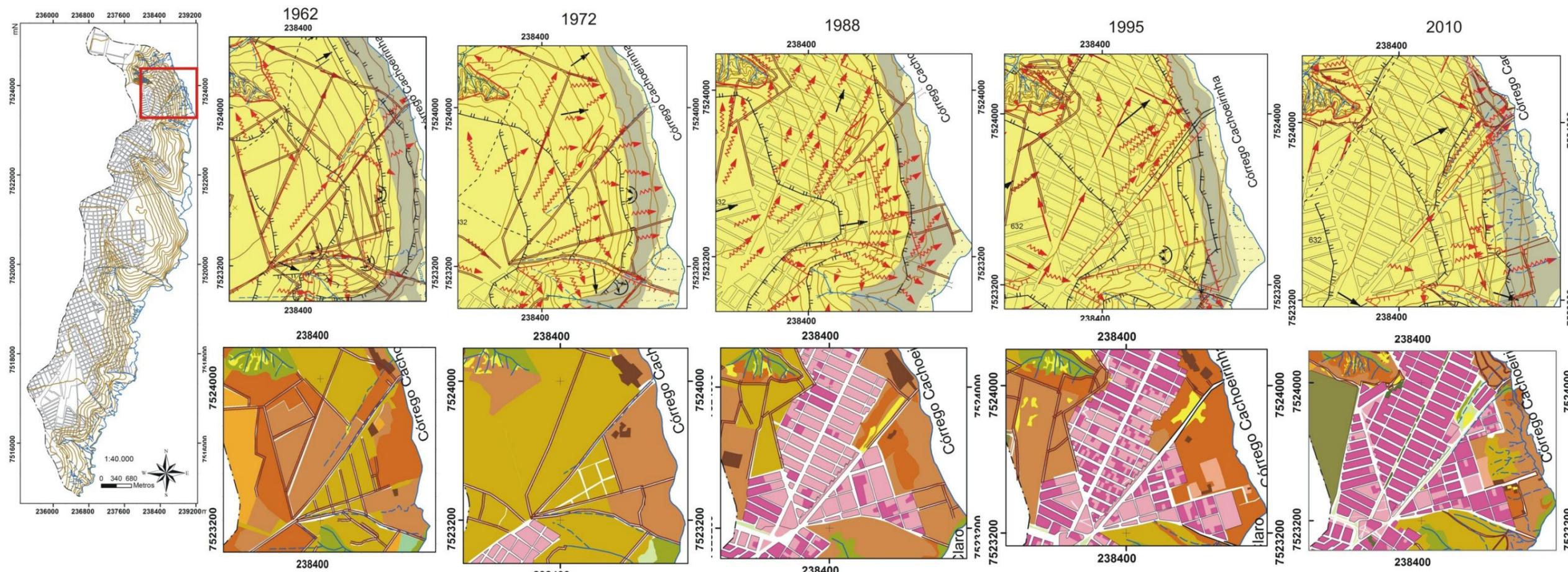


Figura 18 – Feições morfológicas e uso da terra identificadas na vertente drenada pelo córrego Cachoeirinha. Elaboração e orgs: a autora.

O primeiro estágio evolutivo do processo de urbanização, ou seja, o período de pré-construção, segundo Nir (1983), integra ações como a remoção da vegetação do terreno para instalações das redes de água e esgoto e loteamento. São feitos cortes, aterros e terraplanagem, conforme a necessidade da área que será loteada. Tais fatores vão implicar no aumento de deposição de sedimentos oriundos da ação pluvial nos córregos. O segundo estágio da urbanização constitui-se do início da ocupação dos lotes. Neste período há o aumento dos processos erosivos na vertente e, conseqüentemente, aumento na deposição dos sedimentos nos fundos de vale, oriundos do processo de urbanização, transportados pela ação das águas correntes. A ação das águas correntes transporta os sedimentos e também materiais tecnogênicos para os cursos d'água. Neste sentido, no período de construção urbana, ou seja, no período de ocupação dos lotes pode ocorrer o assoreamento dos cursos fluviais.

Constataram-se grandes quantidades de sulcos erosivos concentrados no cenário de 1988 (Figura 21.3), indicando o segundo estágio do processo de urbanização, quando a ocupação ocorre nos loteamentos. Pode-se observar a supressão de áreas com silvicultura e pastoreio e o aumento de terrenos com uso urbano entre 1972 e 1988.

O fundo de vale do córrego Cachoeirinha sofreu constantes modificações ao longo dos anos. A área de APTF era maior em 1995 em função da grande quantidade de sedimentos transportados desde a década de 1980, período da intensificação da urbanização – consolidando a teoria de Nir (1983) sobre o segundo estágio da urbanização. O excesso de sedimentos transportados até o córrego Cachoeirinha contribuiu para a formação do que Penteadó (1974, p. 87) denomina de ilhas de acumulação, formação de canal paralelo na área de APTF. Assim, observou-se no cenário de 2010 que a carga de sedimentos no baixo curso do córrego Cachoeirinha é maior do que a capacidade do rio de transportá-lo, de maneira que o material é abandonado no próprio leito obrigando a mudança do curso do talvegue, formando ilha de acumulação (Figura 19).



Figura 19 - Ilha de acumulação localizada no córrego Cachoeirinha. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

No cenário de 2010, pode-se observar diversos canais pluviais próximos ao córrego Cachoeirinha em área ocupada por pasto limpo. Constatou-se que tais canais dispõem-se alinhadamente às vias de circulação urbana. Nos períodos de maior pluviosidade, a concentração do escoamento superficial nestas vias tende a acelerar os processos erosivos nas áreas de baixa vertente, desprovidas de urbanização – material transportado ao fundo de vale. A urbanização precária ocorrida na vertente drenada pelo córrego Cachoeirinha, com ausência de um sistema de drenagem urbana efetiva (assim como ocorre em diversos setores da área de estudo) atestam que esse trecho não atinge o terceiro estágio do processo de urbanização pressuposto por Nir (1983).

No que se refere às restrições ao uso urbano das áreas drenadas pelo córrego Mãe Preta e pelo córrego Cachoeirinha (Figura 20), foram identificados terrenos próximos a cabeceiras de drenagem, apresentando feições erosivas recentes; áreas de acumulação de planície e terraço fluvial que se encontram fora da metragem estabelecida para áreas de proteção permanente e concavidades expressivas que apontam dinâmica pluvial intensa, caracterizando terrenos com alta restrição ao uso urbano (muito severo).

Ainda, áreas da média vertente caracterizadas pela transição entre material residual amarelo e material coluvionar amarelo, ou restrições decorrentes da dinâmica de uso da terra em terrenos que possuem declividades inferiores a 2% (XXXI) foram coadjuvantes para as restrições ao uso urbano severo.

Setores que apresentaram fragilidade do meio físico de fraco a médio com feições erosivas anteriores a 1988 em declives de 0 a 15%, localizados em áreas de transição entre material residual e coluvionar amarelo, caracterizaram as restrições moderadas ao uso urbano.

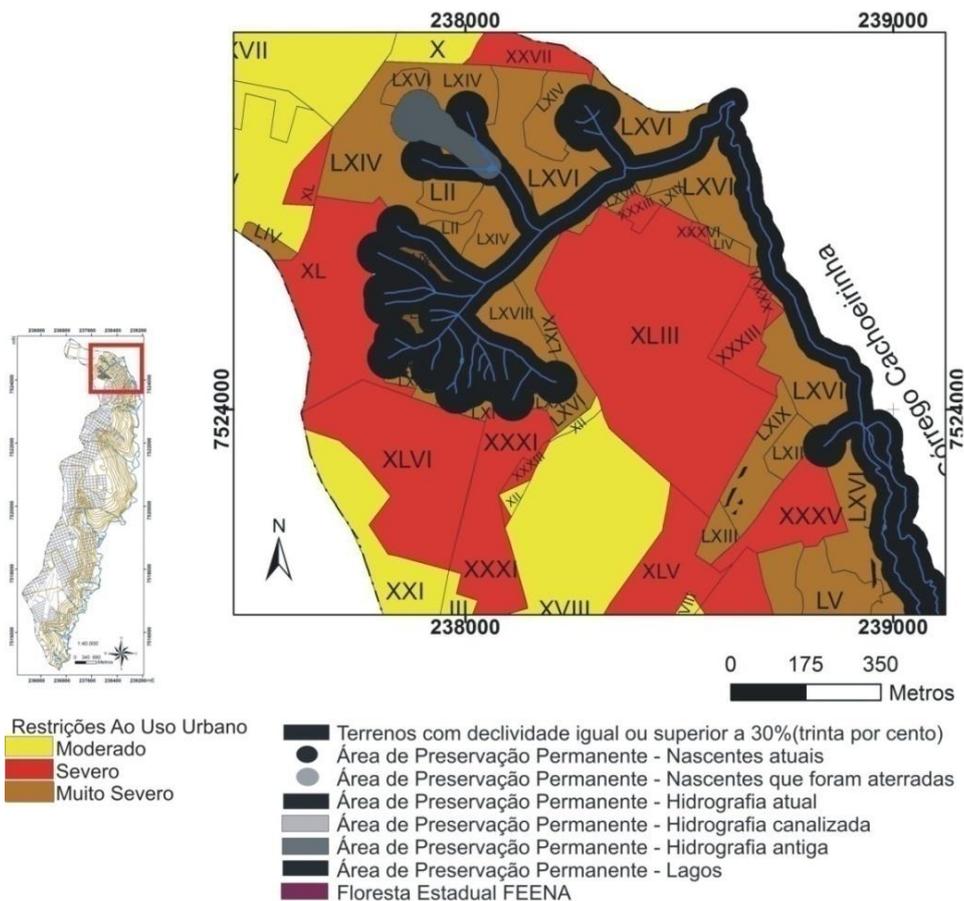


Figura 20 – Restrições do terreno ao uso urbano – áreas que drenam para o córrego Mãe Preta e terrenos que drenam para o córrego Cachoeirinha. Elaboração e orgs: a autora.

Outro setor destacado refere-se às vertentes drenadas pelo córrego Vila Industrial. O processo de urbanização nas proximidades deste córrego iniciou-se em 1972 com a instalação de lotes (Figura 21) nas proximidades de suas nascentes e em 1988 com a instalação e início de ocupação da margem esquerda do córrego.

O cenário de 1962 revela o caráter erosivo do córrego. Este trecho do Ribeirão apresenta padrão meandrante com meandros abandonados na APTF. Comparando o cenário de 1962 (uso rural) com o cenário de 1972 (início do processo de urbanização próximo às nascentes) observa-se que houve aumento de sulcos erosivos em 1972 devido a instalação dos lotes e arruamentos. Além disso, houve aumento da APTF e mudanças no baixo curso relacionadas ao aumento da deposição de sedimentos. Este cenário aponta o primeiro estágio do processo de urbanização proposto por Nir (1983), considerado o loteamento do terreno.

Os meandros abandonados, localizados na APTF do ribeirão Claro, mostram-se modificados a cada cenário, denunciando a grande movimentação dos sedimentos durante o período histórico estudado. Tais feições sofreram oscilações entre aumento e redução da sua extensão.

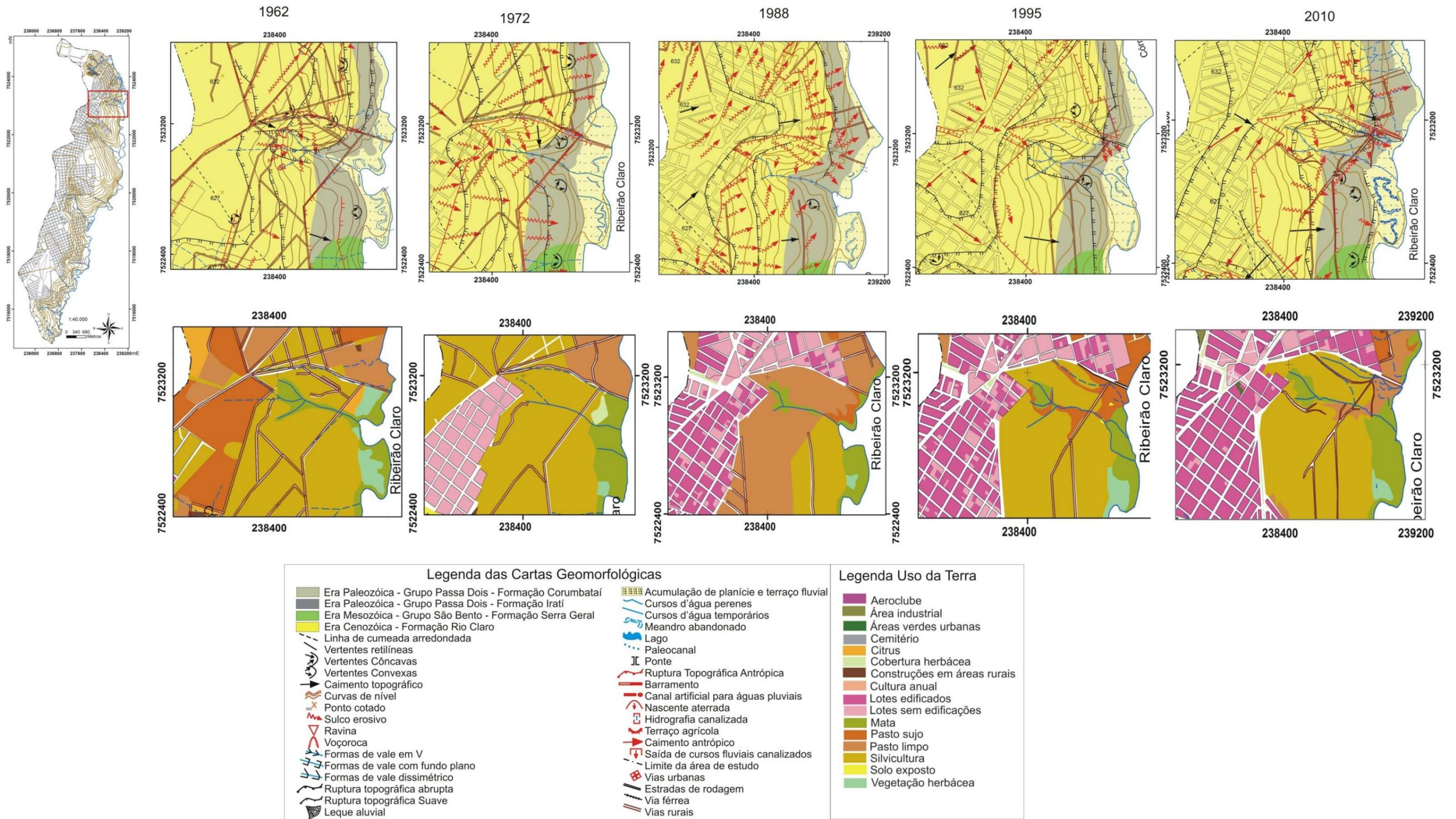


Figura 21 – Feições morfológicas e uso da terra em área drenada pelo do córrego Vila Industrial. Elaboração e orgs: a autora.

Em 1988 foi constatada a ocupação dos lotes próximos à nascente e início da ocupação dos lotes próximos à margem esquerda do córrego. Tem-se o segundo estágio da urbanização, o processo de construção (NIR, 1983). O fundo de vale do córrego Vila Industrial caracteriza-se, neste período, pela dinâmica erosiva de vale em “v” que influencia na redução da APTF do ribeirão Claro e retorno do padrão meandrante do ribeirão Claro. Neste cenário, os sulcos erosivos concentram-se nos limites da área urbana com as áreas rurais (pasto limpo).

Em 1995 a dinâmica deposicional predomina desde o médio curso até o baixo curso do córrego Vila Industrial, identificando-se o aumento da APTF na área de confluência com o ribeirão Claro criando, também, uma ilha fluvial. A dinâmica deposicional foi causada em função do excesso de sedimentos gerados durante o processo de urbanização, fato que também comprova o modelo do período de construção urbana de Nir (1983). Os processos erosivos nas áreas urbanizadas foram estancados pela impermeabilização superficial.

Em 2010 destacam-se o aumento da APTF do ribeirão Claro, com retorno da dinâmica erosiva do fundo de vale do córrego Vila Industrial. Na margem esquerda os sulcos erosivos são identificados nos limites entre a área urbanizada e a área rural com uso de silvicultura.

No que se refere à fragilidade do meio físico, identificou-se um canal pluvial paralelo ao córrego Vila Industrial. Trata-se de um terreno em concavidade de vertente, localizado entre os usos de silvicultura e urbano (Figura 22).



Figura 22 – Canal pluvial em concavidade de vertente localizado entre o uso de silvicultura e urbano. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

Atualmente, na alta vertente do córrego Vila Industrial, foram observados depósitos de materiais tecnogênicos nos limites entre a área urbana e a FEENA (Figura 23). Em períodos de alta pluviosidade estes materiais podem ser transportados para o fundo de vale podendo causar, além da contaminação das águas, o assoreamento dos rios.



Figura 23 – Limite urbano com a FEENA em vertentes que drenam para o córrego Vila Industrial. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

Os terrenos permeáveis localizados em limites com áreas impermeáveis são os mais suscetíveis aos processos erosivos em função da desigual resistência do material aos processos morfogenéticos (Figura 24). Tais fatores indicam que este setor da área de estudo também não atingiu o terceiro estágio da urbanização proposto por Nir (1983).



Figura 24 – Limite da área urbana com terrenos para uso rural (pasto sujo) na baixa vertente que drena para o Ribeirão Claro, nas proximidades do córrego Vila Industrial. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

No que se referem às restrições ao uso urbano neste setor (Figura 25), os terrenos caracterizados como muito severo são áreas alagáveis localizadas na confluência deste córrego com o ribeirão Claro. Ainda, a área classificada com XLVII é sustentada por material argiloso marrom arroxado, derivado da Formação Corumbataí, suscetíveis aos processos erosivos lineares. Apesar disso, foram identificadas construções urbanas neste setor (Figura

26).

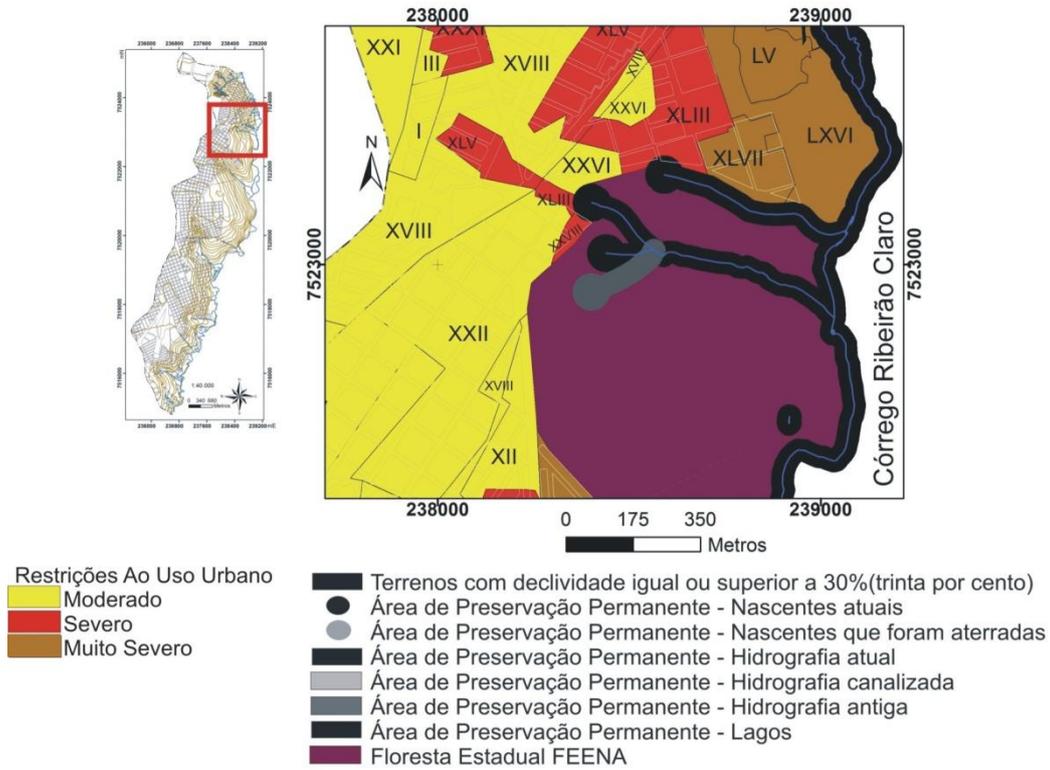


Figura 25 – Restrições ao uso urbano nas proximidades do córrego Vila Industrial. Elaboração e orgs: a autora.



Figura 26 – Construções em área de material superficial derivado da Formação Corumbataí, suscetível aos processos erosivos lineares. Terrenos próximos a planície de inundação do ribeirão Claro. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

Foram caracterizados como severos ao uso urbano, setores cuja fragilidade física variou entre médio e muito forte. Tratam-se concavidades de vertentes próximos à APP's de nascentes de drenagem, vertente retilínea em área de transição de material superficial (entre residual amarelo e coluvionar amarelo) e/ou limites entre área construída e não construída com uso anterior de pastagem e uso atual urbano.

Apresentaram restrições moderadas ao uso urbano os terrenos que apresentaram fragilidade variando entre fraca e média em áreas de transição de material superficial (entre

residual amarelo e coluvionar amarelo), com sulcos erosivos pretéritos em até três cenários anteriores a 1995.

Outro setor que deve ser destacado é a área drenada pelo córrego Bandeirantes. Em 1962, este córrego (Figura 27) apresentava fundo de vale em “v” do alto curso até o médio curso. A partir deste inicia-se a deposição de sedimentos, caracterizada pelo fundo plano, com área de APTF bem marcada. Desde a estrada de terra que cruza o córrego até a confluência deste com o ribeirão Claro caracterizava-se, de 1962 até 1988, por vegetação rasteira (Figura 32), sob influência da oscilação do lençol freático.

Em 1972 a dinâmica erosiva mostrou-se intensa no córrego Bandeirantes, com aumento do vale em “v”, com dinâmica erosiva, com redução da APTF ao longo deste córrego bem como redução da extensão do fundo de vale caracterizada pela dinâmica deposicional (fundo plano). A vegetação rasteira teve parte de sua área suprimida pelas áreas de pastoreio (pasto sujo e pasto limpo). Os loteamentos do bairro Bandeirantes, próximos as áreas de nascentes do córrego, estavam sem edificação em 1972, atestando o primeiro estágio do processo de urbanização proposto por Nir (1983). Desde 1972 até o cenário de 1988 ocorreu a ocupação deste bairro.

A grande quantidade de material transportado culminou no aumento de setores caracterizados como de vale em fundo plano no cenário de 1988, ocupando desde as proximidades da nascente, onde se localizava uma pequena voçoroca, até a foz, com presença de um pequeno leque aluvial instalado em terreno de vegetação rasteira. Pode-se afirmar que este fato ocorreu em função do processo de urbanização, apontando outro trecho onde os pressupostos de Nir (1983), sobre o segundo estágio da urbanização, são confirmados.

O excesso de sedimentos, oriundos do processo de urbanização, é transportado para o fundo de vale pela ação das águas correntes resultando no aumento local da APTF. O córrego, que antes da urbanização possuíam seus vales em forma de “v”, passa a ter fundo plano. Assim, pode-se afirmar que a deposição do material foi condicionada pela ação antrópica atulhando o curso d'água. A amostra selecionada nas cartas geomorfológicas aponta os setores do curso fluvial do córrego Bandeirantes que apresentaram feições planas, com dinâmica deposicional, comprovando a teoria dos efeitos do segundo estágio da urbanização (NIR, 1983).

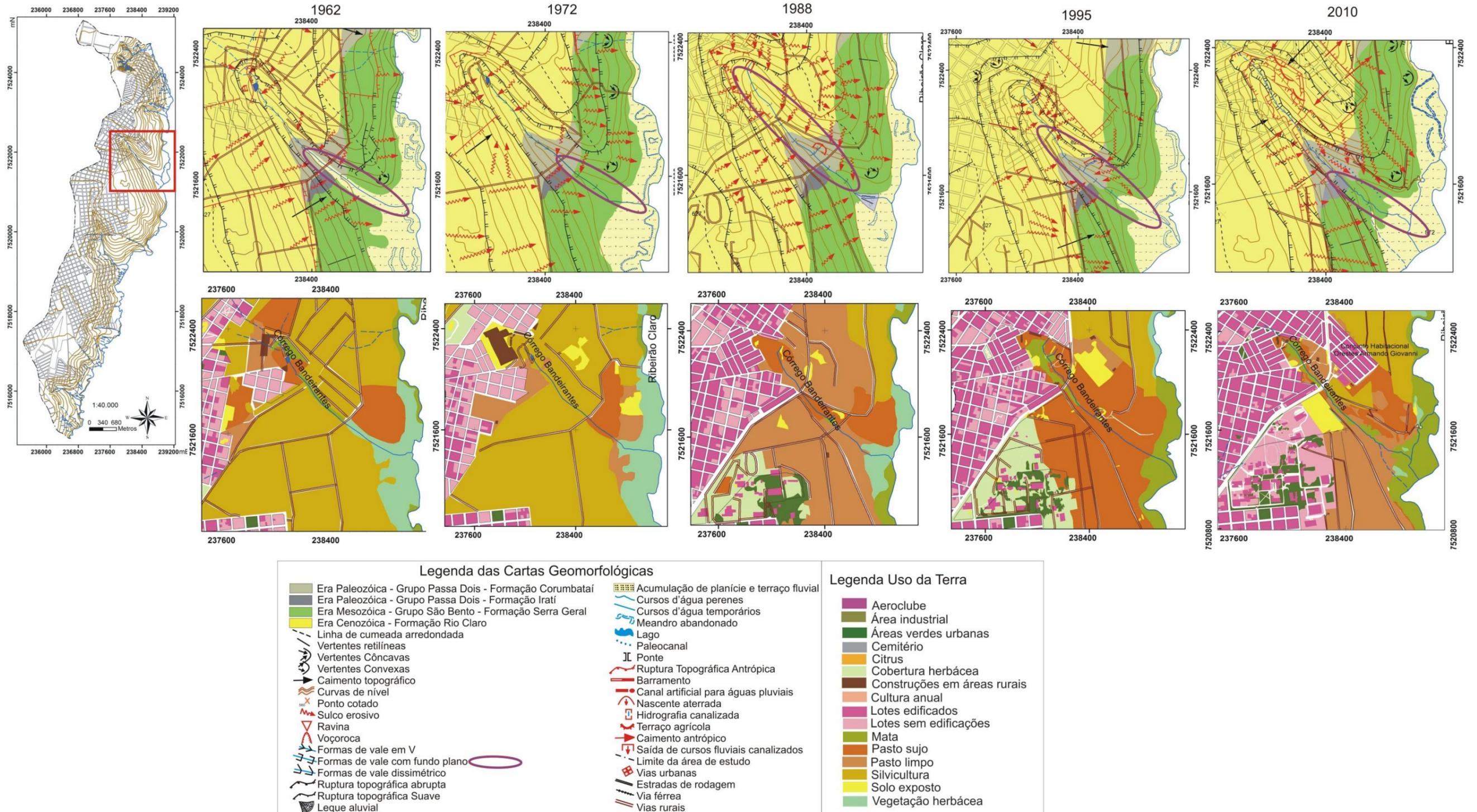


Figura 27 – Representação das feições geomorfológicas e do uso da terra na área drenada pelo córrego Bandeirantes. Destaque para as formas de vale com fundo plano. Elaboração e orgs: a autora.

Em 1995, mais lotes edificadas e sem edificação direcionam-se para as proximidades da nascente do córrego Bandeirantes. Na vertente esquerda que drena para este córrego houve a terraplanagem para construção do Conjunto Habitacional Orestes Armando Giovanni – Pé no Chão. Nesta área há rupturas antrópicas em função da terraplanagem, em terrenos de solo exposto. Foram identificados diversos sulcos erosivos da área terraplanada na direção do córrego, o que indica que muito material foi transportado para o córrego em função desta alteração antrópica. Neste trecho, observa-se a confirmação do início do primeiro estágio da urbanização proposto por Nir (1983), pois se constata a remoção da vegetação para instalação dos lotes, iniciando o aumento de sedimentos oriundos da ação pluvial.

Em 1996, Carvalho e Barcelos (1997) relatam a degradação do canal em função da terraplanagem para construção de loteamento irregular, relatando assoreamentos e alargamento do talvegue naquele período.

O leque aluvial instalado sobre terreno de vegetação rasteira em 1988 não foi identificado no cenário de 1995. Contudo, este leque pode ter sido aterrado pelo material transportado pelo córrego, inclusive advindo da área de terraplanagem. O aumento considerável da APTF ao longo do baixo curso em 1995 reforça esta hipótese. Ainda, no baixo curso do córrego, a vegetação rasteira foi suprimida ao longo dos anos pelo pastoreio e também pela mata ciliar. Este fato pode indicar que houve uma mudança no nível do lençol freático neste trecho do fundo de vale.

De 1995 até 2010 com a área urbana consolidada, a dinâmica erosiva do córrego Bandeirantes aumentou desde a nascente até o médio curso. Terraços de contenção foram instalados a jusante do Conjunto Habitacional Orestes Armando Giovanni – Pé no Chão, buscando estancar os processos erosivos neste setor. No médio curso observou-se um paleocanal assoreado devido a grande quantidade de sedimentos transportados pelo córrego Bandeirantes até o cenário de 2010. A dinâmica deposicional predomina do médio ao baixo curso no cenário de 2010. Estes dados também fortalecem o modelo proposto por Nir (1983) para o processo urbano, apontando o assoreamento durante estágio de construção urbana.

O paleocanal (Figura 28 e 29) localizado nas proximidades do córrego Bandeirantes apresenta 0,54km de extensão. Trata-se de um antigo canal fluvial que foi assoreado devido ao excesso de sedimentos e materiais tecnogênicos advindos de montante, aumentando a carga de sedimentos à jusante e modificando o curso do canal fluvial. Como se pode observar, os sulcos erosivos instalados sobre parte do paleocanal denotam que este tem a função atual de um canal temporário.

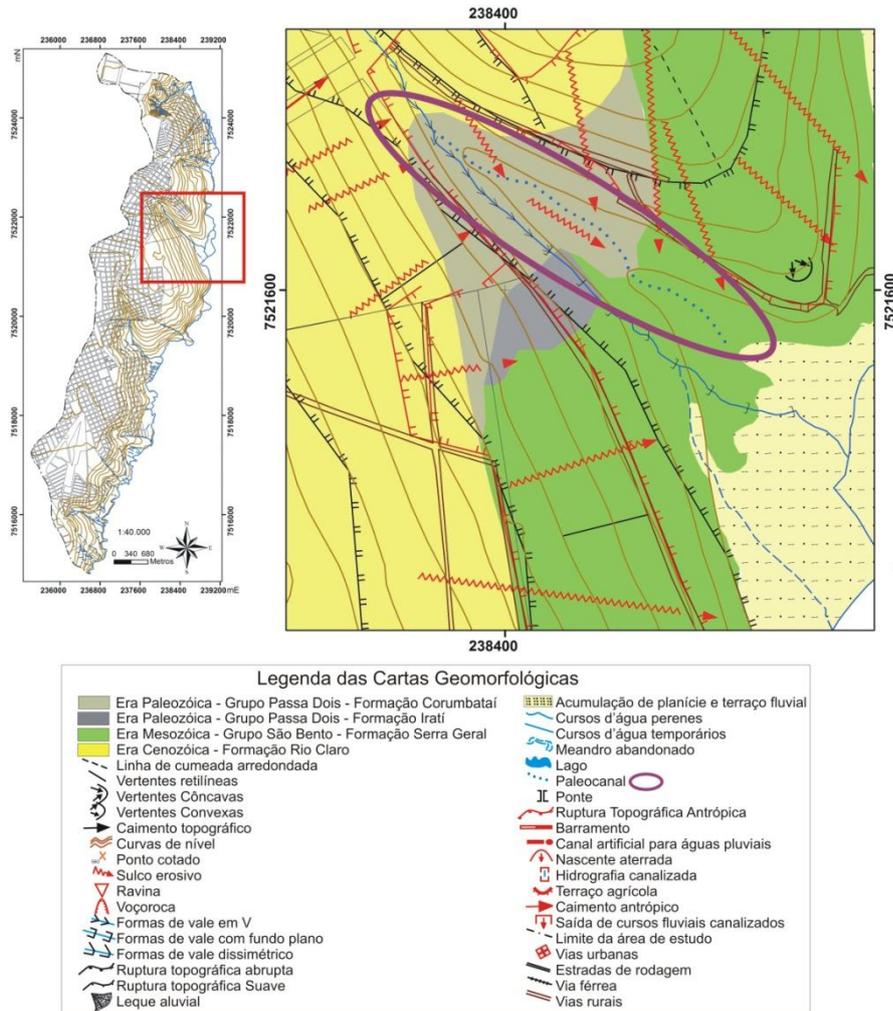


Figura 28 - Trecho do córrego Bandeirantes apresentando área do paleocanal. Elaboração e orgs: a autora.



Figura 29 – Paleocanal, trecho do canal assoreado do córrego Bandeirantes. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.

No trabalho de campo observou-se grande quantidade de material tecnogênico depositado na margem esquerda da APTF do Córrego Bandeirantes, trecho onde o canal foi assoreado (Figura 30).



Figura 30 - Depósitos tecnogênicos expostos em talude da APTF do córrego Bandeirantes (margem esquerda). Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.

Cabe aqui destacar que Carvalho e Barcelos (1997) relataram a presença de um lixão de grande porte em 1996, com depósitos de lixos domésticos e entulhos em vertentes com alto declive, suscetíveis a processos erosivos localizadas no alto curso do córrego Bandeirantes. Certamente, o paleocanal é consequência da descida de parte destes materiais tecnogênicos transportados do alto curso.

Com o início da pavimentação do anel viário em 2012, localizado nas proximidades do córrego Bandeirantes, com cortes e taludes expostos aos processos erosivos, houve constante remobilização e transporte de sedimentos em direção ao leito fluvial. Além disso, os terraceamentos feitos próximos às nascentes inferem a ocorrência de processos erosivos acelerados e, conseqüentemente, excesso de sedimentos destinados ao leito fluvial. Ainda, a mídia local registrou o surgimento de um sulco erosivo (Figura 31) decorrente de uma chuva ocorrida em novembro de 2013 em trecho do Anel Viário alterado para implantação do sistema de drenagem urbana local. Esta área drena para o córrego Bandeirantes. Alguns trechos da pavimentação do anel viário foram concluídos em 2015 (Figura 32).



Figura 31 - Sulco erosivo modelado após chuva intensa em Novembro de 2013. Fonte: <<http://www.guiarioclaro.com.br/materia.htm?serial=206001604&editoria=Cotidiano>> . Acessado em 29/novembro/2013.



Figura 32 – Anel viário localizado nas proximidades do córrego Bandeirantes. Acervo pessoal.

O processo de urbanização é observado ainda nos dias atuais, apontando que o terceiro estágio da urbanização apresentado por Nir (1983) não foi atingido neste setor. O Fórum está em processo de construção na vertente direita do córrego Bandeirantes. Pode-se observar na figura 33 taludes desprovidos de vegetação, expostos aos processos erosivos em terrenos de descontinuidade de área pavimentada e sem pavimentação.



Figura 33 – A seta vermelha aponta o setor de fundo de vale do Córrego Bandeirantes, indicando o sentido do escoamento fluvial. A seta preta indica a área ocupada pela UNESP e a seta cinza o Fórum. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

A ausência de bocas de lobos nos terrenos urbanizados próximos ao córrego Bandeirantes contribui para o aumento da energia das águas, com declives que cooperam para a aceleração do escoamento superficial direcionado ao córrego (Figura 34).



Figura 34 – Arruamento direcionado ao córrego Bandeirantes. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

Os cortes na vertente associados ao uso de pasto sujo em terrenos topograficamente abaixo de áreas com uso urbano aumentam a possibilidade de processos erosivos bem como a

carga de material transportado para o fundo de vale. A figura 35 aponta cortes no terreno entre os limites da área urbana (Conjunto Habitacional Orestes Armando Giovanni) e pasto. Este trecho da vertente drena para o córrego Bandeirantes (área da margem esquerda).



Figura 35 – Área para uso de pasto na vertente esquerda do córrego Bandeirantes – entre o Conjunto Habitacional e o curso d’água. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

O Conjunto Habitacional Orestes Armando Giovanni limita-se também com a área da FEENA. Depósitos tecnogênicos podem ser observados nas proximidades da Floresta Estadual, em área de proteção ambiental (Figura 36).



Figura 36 – Limites entre a FEENA à esquerda e o Conjunto Habitacional à direita. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

No que se refere às restrições ao uso urbano da área drenada pelo córrego Bandeirantes (Figura 37), destacam-se os terrenos próximos às APP’s. Nestes, há setores que apresentaram voçorocamentos e/ou ravinamentos pretéritos e/ou sulcos erosivos em quatro ou

mais cenários. Estes terrenos são sustentados por material coluvionar arenoso ou por material de característica hidromórfica, que denota a fragilidade variando entre fraco e muito forte. A área do Conjunto Habitacional (LXIII) apresenta características de fragilidade que variaram de fraco a médio em função da declividade inferior a 2%. Contudo, o histórico de uso do terreno contribuiu para a caracterização de restrições muito severa ao uso urbano.

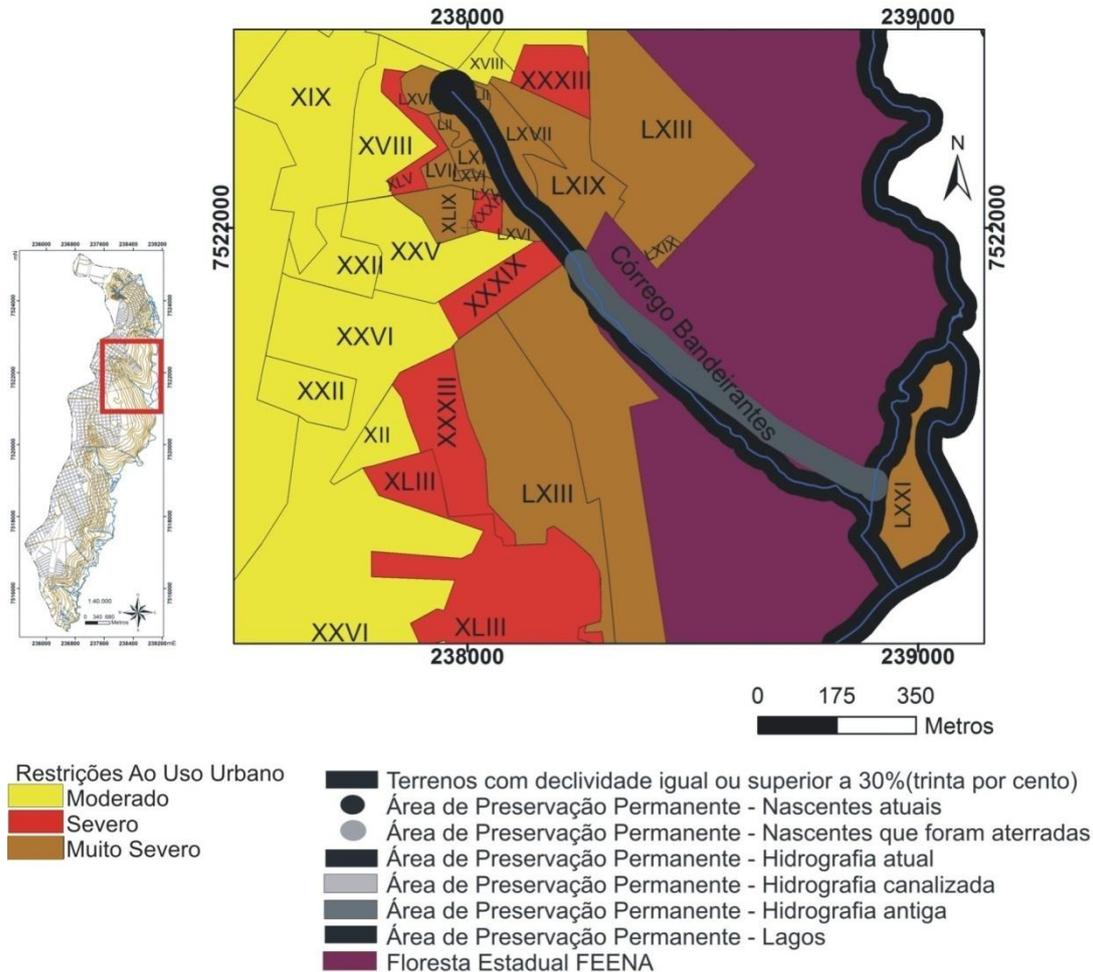


Figura 37 – Restrições do terreno drenado pelo Córrego Bandeirantes ao uso urbano. Elaboração e orgs: a autora.

Os terrenos que apresentam restrição severa ao uso urbano caracterizaram-se por fragilidade física que varia entre médio e forte em terrenos sustentados por material coluvionar arenoso, com histórico de sulcos erosivos pretéritos, determinando este nível de restrição. O setor classificado como XXXIX, apresentou feições erosivas em dois cenários anteriores a 1988, fato que determinou a fragilidade média. Contudo, o histórico de uso compromete o uso urbano nestes setores. Tratam-se de terrenos que possui restrição severa ao uso urbano.

Os setores que apresentaram o nível moderado de restrição ao uso urbano localizam-se em áreas de material residual amarelo ou na transição deste com material coluvial amarelo, em declives que variam de 0 a 15%, apresentando sulcos erosivos pretéritos em dois ou três

cenários anteriores a 1988. A área classificada como XXV caracterizou nível moderado de restrição em função do histórico de uso urbano desde 1962, apresentando fragilidade física fraca.

Outro setor que foi selecionado para discussão refere-se ao córrego Lavapés, afluente do ribeirão Claro. As vertentes do alto e médio curso do córrego Lavapés já estavam parcialmente urbanizadas em 1962 (Figura 38), ou seja, já encontravam-se no segundo estágio do processo de urbanização proposto por Nir (1983).

Na área de estudo, a primeira nascente aterrada e canalização fluvial para fins de urbanização foi registrada no córrego Lavapés, identificada no cenário de 1972. No cenário de 1988 os setores do alto e médio curso estavam totalmente canalizados. A Avenida Ulisses Guimarães recobre o trecho canalizado.

O alto e médio curso do córrego Lavapés já apresentava uma característica de fundo de vale plano, com APTF ao longo do curso em 1962. Alguns sulcos foram identificados ainda neste cenário, os quais aumentaram significativamente no cenário de 1972, nas áreas de lotes sem edificação. Tais feições diminuíram sua área de ocorrência no cenário de 1988 e não foram localizadas nos cenários de 1995 e 2010, estancados com a conclusão da urbanização no alto e médio curso do córrego.

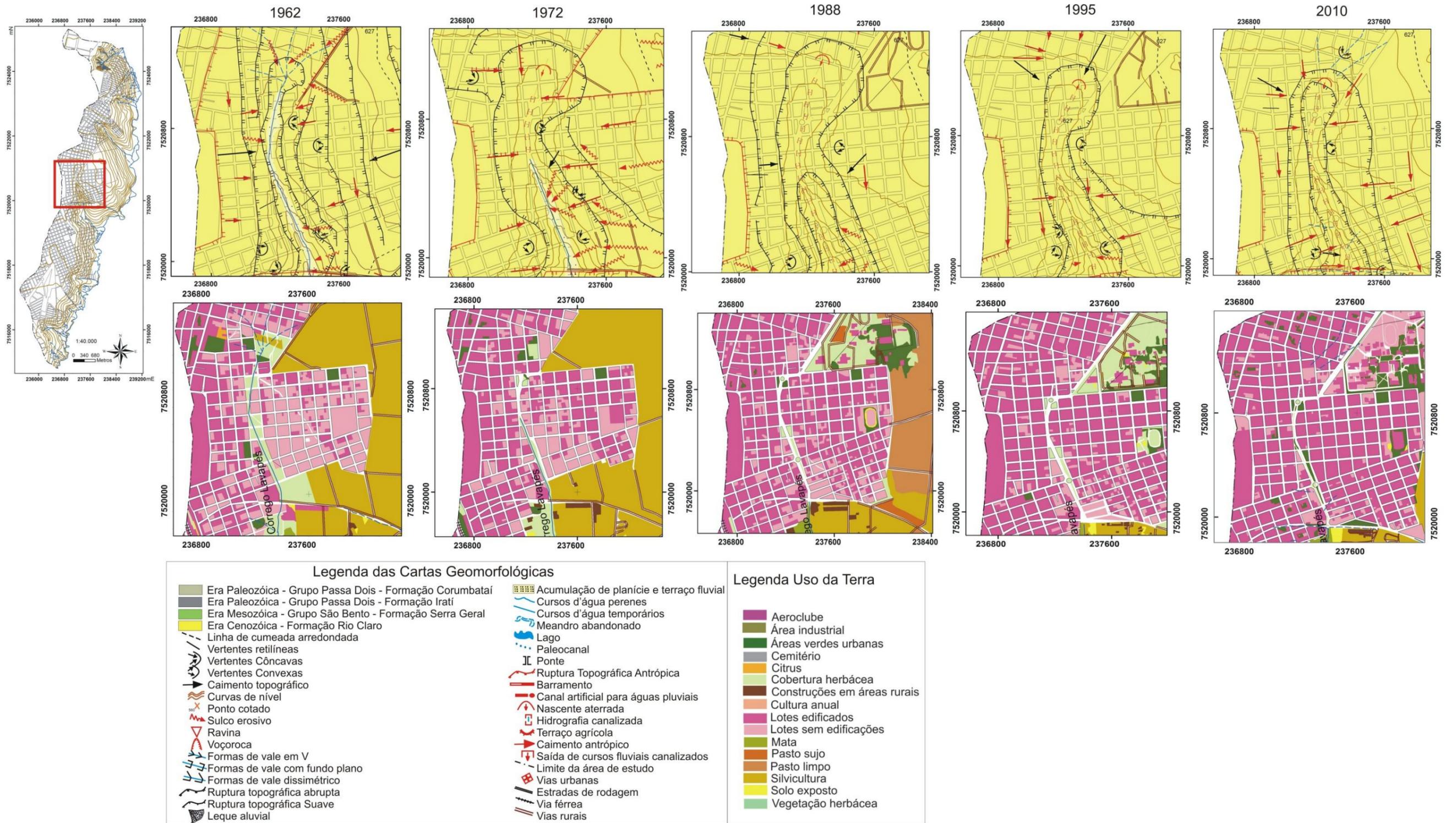


Figura 38 – Feições morfológicas e uso da terra no alto curso e médio curso do córrego Lavapés. Elaboração e orgs: a autora.

Em 2010 o processo de urbanização apresenta-se consolidado nas vertentes do alto e médio curso do córrego Lavapés. Os terrenos com uso urbano próximo à nascente (Figura 39.1 e 39.2) apresentam suscetibilidade a inundações. As construções das casas caracterizam-se por níveis topograficamente superiores aos arruamentos. Ainda, há trechos alagáveis no médio curso (Figura 39.3), com lençol freático pouco profundo, aflorando na superfície nas proximidades da área urbanizada.



Figura 39 – 1. Área de nascente aterrada do córrego Lavapés. 2 residências localizadas nas proximidades da nascente aterrada e 3 área alagável no médio curso do córrego Lavapés. Acervo pessoal. Foto de janeiro/2015.

É comum episódios de subsidência ocorrerem em trechos do alto e médio curso canalizado. Os materiais superficiais derivados da formação Rio Claro, de característica arenosa, estão em constante ajuste, favorecendo a ocorrência de tais processos. A figura 40 retrata subsidência em função do rompimento de galerias pluviais entre 1980 e 1990. A figura 41 aponta o mesmo episódio ocorrido em 2011 em que um motociclista acidentou-se.



Figura 40 – Subsidência devido a rompimento de galeria pluvial. Fonte: Arquivo Histórico de Rio Claro.



Buraco alargado pelas chuvas causou acidente no domingo. Prefeitura interditiu o local e deve fazer os reparos ainda nesta terça-feira (18)

PERIGO: buraco causa acidente e interdição de trânsito na Avenida Ulysses Guimarães em RC

Figura 41 – Subsidência devido a rompimento de galeria pluvial em Dezembro de 2011. Fonte: Jornal Cidade de 18/12/2011.

No que se refere às restrições destes terrenos ao uso urbano (Figura 42), destacam-se as áreas classificadas como muito severas. Tratam-se dos terrenos localizados próximos à nascente, com alta suscetibilidade às inundações e terrenos alagáveis presentes no médio curso do córrego. Além disso, terrenos urbanizados desde 1962 que apresentaram fragilidade física variando entre forte e muito forte, também foram classificados com restrições muito severas ao uso urbano.

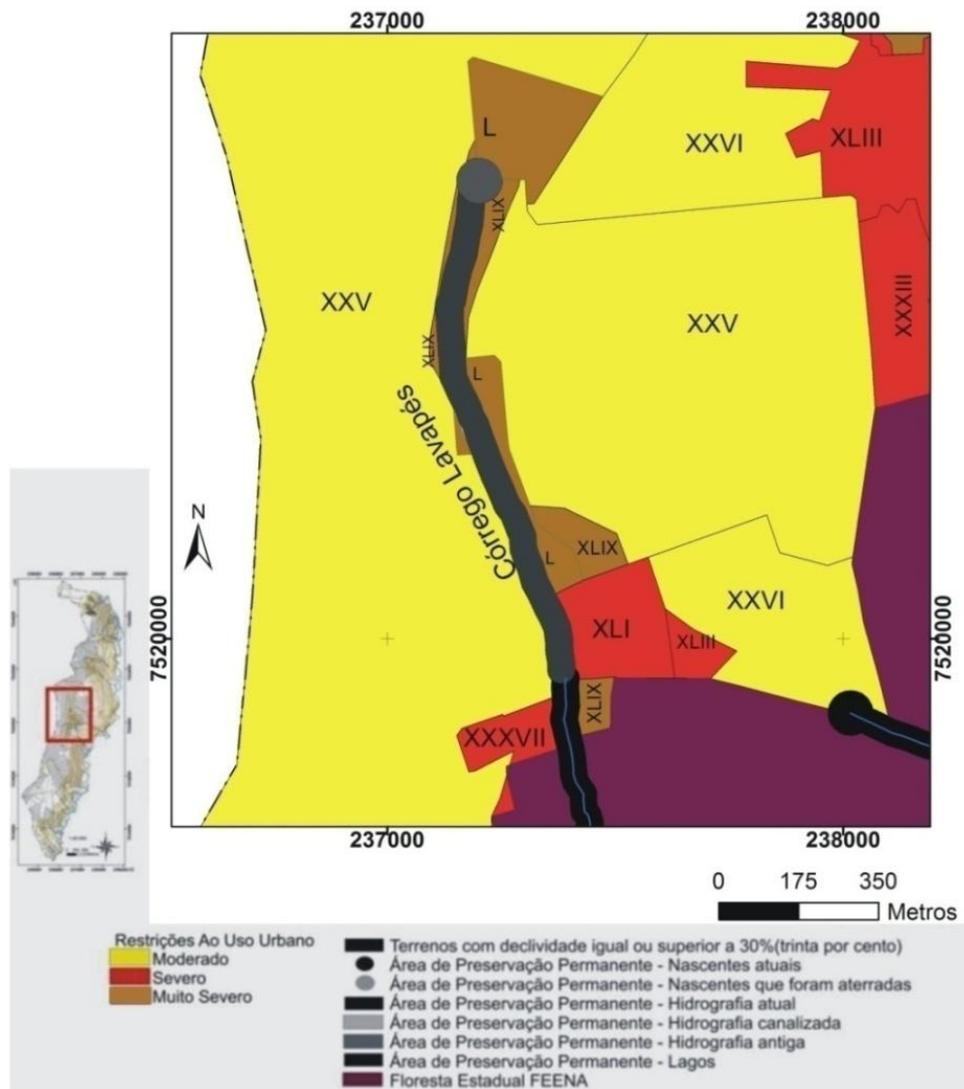


Figura 42- Restrições do relevo ao uso urbano no alto e médio curso do Córrego Lavapés. Elaboração e orgs: a autora.

Ainda, terrenos que apresentaram silvicultura como uso anterior ao urbano, com presença de feições erosivas pretéritas em, no mínimo, quatro cenários sendo, portanto, consideradas com restrições severas ao uso urbano.

Os setores urbanizados desde 1962, com fragilidade física variando entre fraca e média e áreas de topo com material superficial amarelo e feições erosivas pretéritas anteriores a 1988 foram considerados como terrenos com restrições moderadas ao uso urbano.

Cabe destacar que foi identificado uso urbano em áreas legalmente restritas como o entorno da nascente do córrego Lavapés e trechos do alto e médio curso canalizado.

Alguns setores do centro da cidade integram a bacia do córrego Lavapés. É interessante destacar esta área, pois trata-se de um terreno urbanizado desde 1962 e é o único trecho da área de estudo que apresenta urbanização consolidada, caracterizando o terceiro estágio do processo de urbanização proposto por Nir (1983).

Segundo Nir (1983) o terceiro estágio é definido por uma nova topografia, com superfícies pavimentadas e instalação de sistema de drenagem urbana, com vedação da superfície permeável.

Considera-se que o sistema de drenagem urbana no centro da cidade é incipiente devido a pontos de inundações comumente noticiados na mídia local. Porém, trata-se de terrenos totalmente impermeabilizados e não há outros canais de escoamento das águas correntes a não ser o sistema construído por bueiros e galerias de drenagem. O processo de urbanização em áreas que apresentam declividades inferiores a 2% (Figura 43) associada ao sistema de drenagem incipiente corrobora para a ocorrência de inundações.



Figura 43 – Baixa declividade no centro da cidade. Fonte: <http://www.jornalcidade.net/rio-claro/rio-claro/dois-dias-de-comecar-primavera-rio-claro-ja-registra-tarde-de-chuva/>

Apesar da urbanização consolidada, as modificações no ambiente urbano são comuns. No cenário de 2010 identificou-se um corte feito na Avenida 7 (centro da cidade) para transição de veículo embaixo da ferrovia (Figura 44.1). Tratava-se de uma área de acúmulo de águas pluviais. Em 2013 esta via foi aterrada (Figura 44.2). O aterro propiciou maior elevação altimétrica nesta via, impedindo o escoamento em superfície das águas advindas da área central para a média e baixa vertente. Isto implica em concentração das águas pluviais em trechos da área central (Figura 44.3). Além da mudança na topografia local, a drenagem das águas urbanas de subsuperfície de parte da região central para o córrego Lavapés foi modificada.

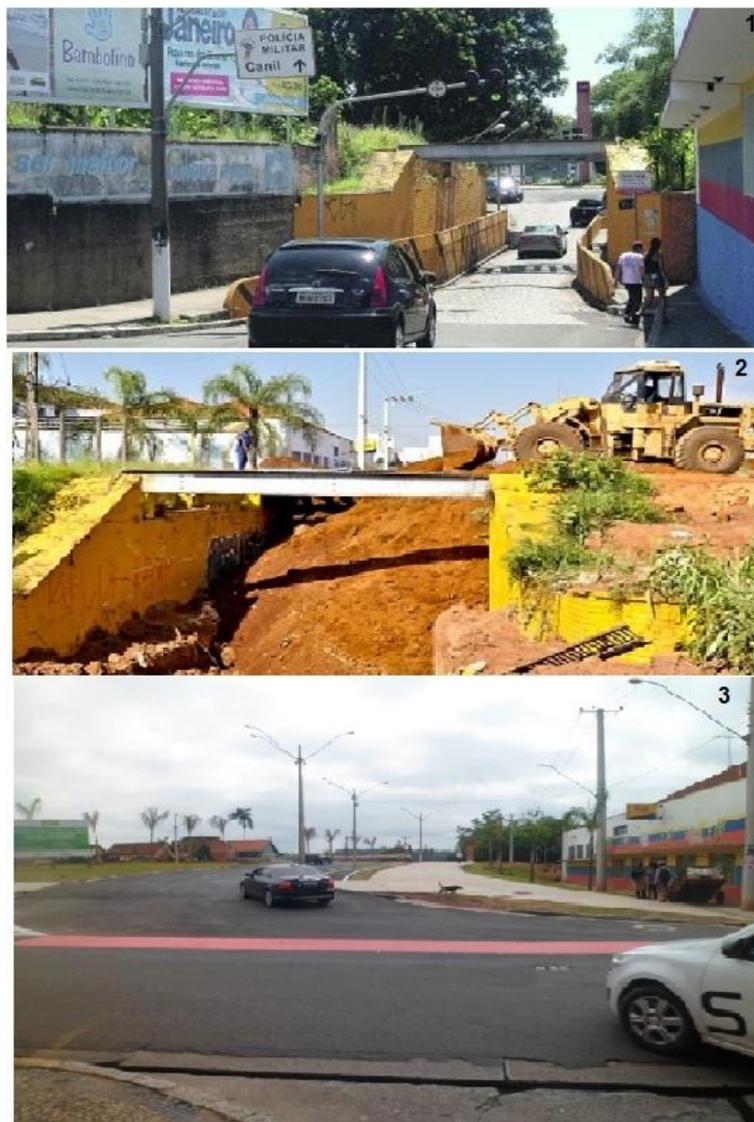


Figura 44 - Trecho do centro da cidade: área de corte para via urbana (1); aterro em processo (2) aterro concluído (3). Fonte de imagens 1 <<http://www.jornalcidade.net/rio-claro-noticias/?cat3=71497>> e Figura 2 <<http://www.guiarioclaro.com.br/materia.htm?serial=151010303>>; Figura 3 – Acervo pessoal.

O baixo curso do córrego Lavapés não é canalizado e perpassa a área da FEENA, com uso de silvicultura, mata e construções rurais (Figura 45).

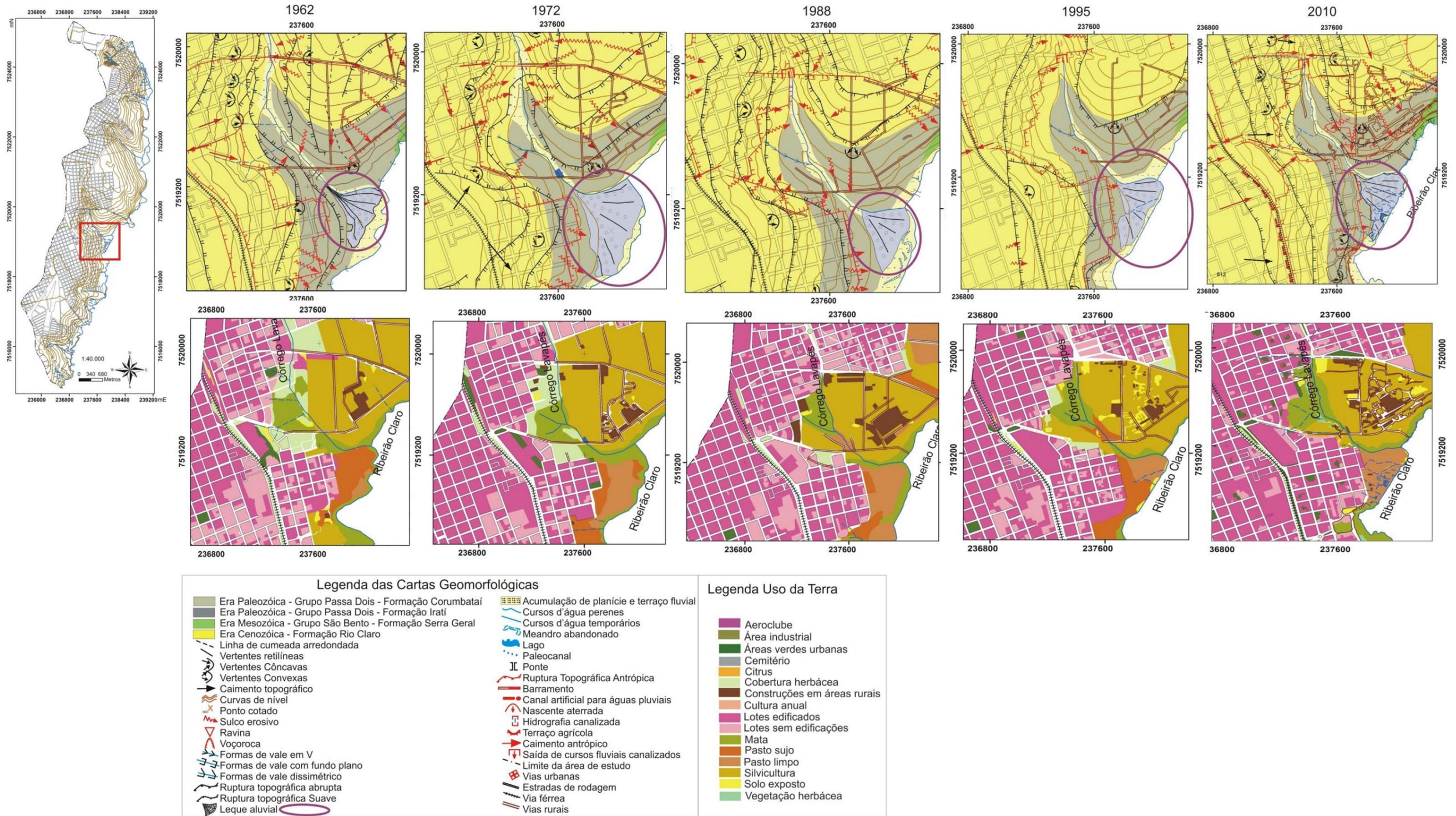


Figura 45 – Feições morfológicas e uso da terra identificados no baixo curso do Córrego Lavapés. Organizado e elaborado pela autora.

No baixo curso, os processos erosivos são identificados durante o processo de urbanização nos cenários de 1962 até 1988. Em 1995 e 2010, observa-se a ausência desta feição, em função da impermeabilização do terreno derivada do processo de urbanização.

O baixo curso do córrego Lavapés possui trechos de retificação no final do setor canalizado, com taludes para contenção dos processos erosivos. A presença de materiais oriundos do processo de drenagem urbana e o excesso de materiais depositados neste trecho subsequente ao trecho canalizado (Figura 46) demonstram o alto potencial erosivo das águas do alto e médio curso.



Figura 46 – Materiais oriundos do processo de drenagem urbana no leito do Córrego Lavapés, área subsequente ao trecho canalizado. Acervo pessoal. Março/2015.

A alta energia das águas correntes em trecho subsequente à canalização contribuiu para a queda de parte do talude de contenção (Figura 47) disposto ao longo deste trecho no baixo curso.



Figura 47 – Gabiões para contenção de talude localizado no baixo curso do Córrego Lavapés. Acervo pessoal. Imagem de Março/2015.

Observou-se o aumento do leque aluvial entre 1962 e 1972, em função do processo de urbanização nas vertentes que drenam para o córrego Lavapés, confirmando as conseqüências do segundo estágio da urbanização (NIR, 1983). No cenário de 1988, a considerável redução do leque aluvial demonstra que houve uma retomada erosiva entre o cenário de 1972 e 1988, transportando sedimentos do leque para o ribeirão Claro, causando o aumento observado na APTF do ribeirão em 1988. O leque aluvial dos cenários de 1995 e 2010 evidenciam que, apesar da urbanização ter sido concluída, há grande quantidade de material sendo transportado a partir da bacia do córrego Lavapés, seja em superfície ou em subsuperfície. Ainda, o leque aluvial no cenário de 2010 apresentou feições de cursos d'água temporários e lago, demonstrando alterações em função da proximidade com o ambiente urbanizado e também pelo próprio uso do leque (pasto limpo). Na foz do córrego Lavapés, a coloração do curso fluvial e feições do fundo de vale (figura 48) denotam quantidade significativa de sedimentos sendo transportados e depositados na margem esquerda, enquanto a margem direita perpassa por intensos processos erosivos associados ao uso de pastagem.



Figura 48 - Foz do Córrego Lavapés na confluência com o Ribeirão Claro. Fonte: Acervo pessoal. Foto de Outubro/2014.

No que se refere às restrições ao uso urbano no setor drenado pelo córrego Lavapés, constatou-se a existência da classe muito severa (Figura 49) nos terrenos urbanizados desde 1962, com fragilidade do meio físico variando entre forte e muito forte (XLIX), terrenos com uso consecutivo de pastagem desde 1962 em áreas de leque aluvial (LXVI) e terrenos caracterizados por pastagem desde 1988 (XLVII – Figura 50).

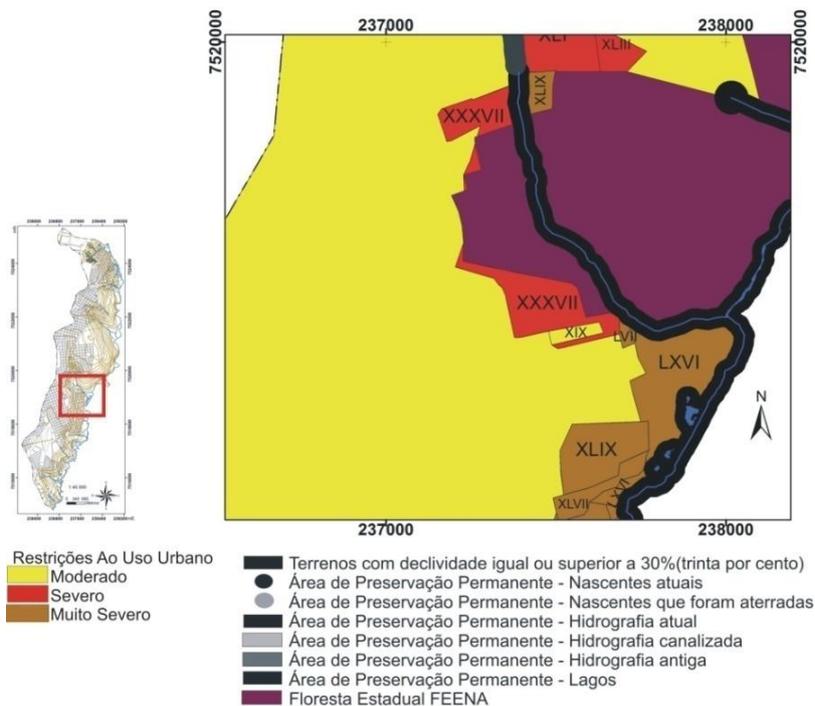


Figura 49 – Restrições ao uso urbano no baixo curso do córrego Lavapés. Organizado e elaborado pela autora



Figura 50 – Sulco erosivo localizado em terrenos que apresentam uso de pastagem desde 1988, em área de material superficial derivado da Formação Corumbataí (XLVII). Acervo pessoal. Foto de março/2015.

As áreas que apresentaram restrição severa ao uso urbano tiveram uso consecutivo de cobertura herbácea até 1972 e uso urbano desde 1988. Trata-se de setores que limitam terrenos impermeabilizados e permeáveis. Os setores com restrição moderada ao uso urbano são setores urbanizados desde 1962 e que apresentaram fragilidade física variando entre fraca e média como o centro da cidade. As características físicas impõem restrição pois são setores que apresentam declividades inferiores a 2% (escoamento superficial incipiente, com suscetibilidade a inundações). Além disso, o material que sustenta estes terrenos caracteriza-se pelo material residual amarelo, derivado da Formação Rio Claro, que apresenta intensa movimentação de subsuperfície, podendo causar abatimentos vinculados a tubulações de águas pluviais.

Outro setor destacado é a área próxima ao Bairro Saúde. Pode-se observar que as mudanças na localização das rupturas topográficas abruptas e suaves (Figura 51) mudam à medida que os lotes são edificados, ou seja, as rupturas dispõem-se conforme as necessidades antrópicas para o uso urbano.

O canal artificial localizado nas proximidades do Shopping Center inicia-se no centro da cidade (Figura 52). Este canal perpassa o bairro da Saúde (Figura 53) até a vala de deságue direcionada para o ribeirão Claro. Porém o excesso de sedimentos e/ou britas e/ou materiais tecnogênicos na vala (Figura 54) causa, por vezes, o entupimento desta, ocasionando cachoeiras artificiais na Avenida 29 nos períodos de alta pluviosidade (Figura 55).



Figura 52 – Início do canal artificial localizado no centro da cidade. Acervo Pessoal. Foto de março/2015.



Figura 53 – Trecho do canal artificial localizado no Bairro da Saúde. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.



Figura 54 – Vala que recebe as águas pluviais do canal artificial e direciona para o ribeirão Claro. Observe o tamanho da abertura para o escoamento da água. Acervo Pessoal. Foto de Outubro/2012.



Figura 55 - Queda de água pluvial na Avenida 29 ocorrida em 2012. Fonte: <http://www.jornalcidade.net/rioclaro/dia-a-dia/bairros/99140-Visconde-e-pontilhao-da-29-enfrentam-problemas-apos-chuva/> Acessado em 27/Nov/2013.

A fragilidade fraca designada pela baixa declividade e localização em terrenos com material superficial residual amarelo – derivado da Formação Rio Claro – caracterizaram a restrição ao uso urbano moderado destes terrenos. Tal avaliação, que atribui a esses terrenos restrição moderada, pressupõem a existência de um plano de drenagem urbana, com práticas

eficientes para o escoamento das águas pluviais.

Outro setor destacado refere-se ao córrego Conduta (Figura 56). Este córrego também teve sua nascente aterrada e o alto curso d'água canalizado. No cenário de 1962 observou-se a presença de sulcos nas cabeceiras de drenagem deste córrego. No entorno da área de mata havia lotes sem edificação, atestando o primeiro estágio da urbanização proposto por Nir (1983), ou seja, o período sub-urbano. O curso d'água caracterizava-se por fundo em "v", apresentando dinâmica erosiva.

No cenário de 1972, observou-se o início da ocupação dos lotes do bairro Cidade Jardim nas proximidades da nascente do córrego Conduta e, também, a presença de uma voçoroca instalada na cabeceira de drenagem, apontando o segundo estágio da urbanização (NIR, 1983). O fundo de vale do córrego Conduta apresenta dinâmica erosiva até o corte da ferrovia. Contudo, no médio e baixo curso, após o referido corte, registrou-se fundo de vale plano, caracterizando dinâmica de sedimentação. Neste mesmo cenário pode-se observar a presença de um leque aluvial em sua foz, inferindo grande quantidade de material sendo transportado pelo curso d'água em função da urbanização no alto curso ocorrida neste período, processo destacado por Nir (1983) durante o período de construção urbana.

No cenário de 1988 observou-se a nascente aterrada e canalização de parte do curso d'água. Constatou-se, também, a intensificação da ocupação dos lotes e a concentração de sulcos erosivos nestas áreas. Após a canalização do alto curso do córrego Conduta, o fluxo das águas nas tubulações tem sua energia cinética aumentada, resultando no fundo de vale em "v" a partir do cenário de 1988, denotando o caráter erosivo da ação das águas correntes. Com o aterro da nascente e canalização do alto curso do córrego, reduz-se o comprimento do córrego Conduta a partir de 1988.

A APTF do ribeirão Claro aumentou nas proximidades da confluência com o córrego Conduta nos cenários de 1988 e 2005, denotando a grande quantidade de material transportado pelo curso desde o início do processo de ocupação dos lotes (1972), confirmando as conseqüências do segundo estágio de urbanização proposto por Nir (1983). No cenário de 2010 a dinâmica do córrego Conduta permanece erosiva, apresentando fundo de vale em "v" em todo trecho não canalizado. Ainda neste cenário, observou-se que os sulcos erosivos se concentram na periferia, em terrenos de pasto limpo e construções rurais nas proximidades do ribeirão Claro.

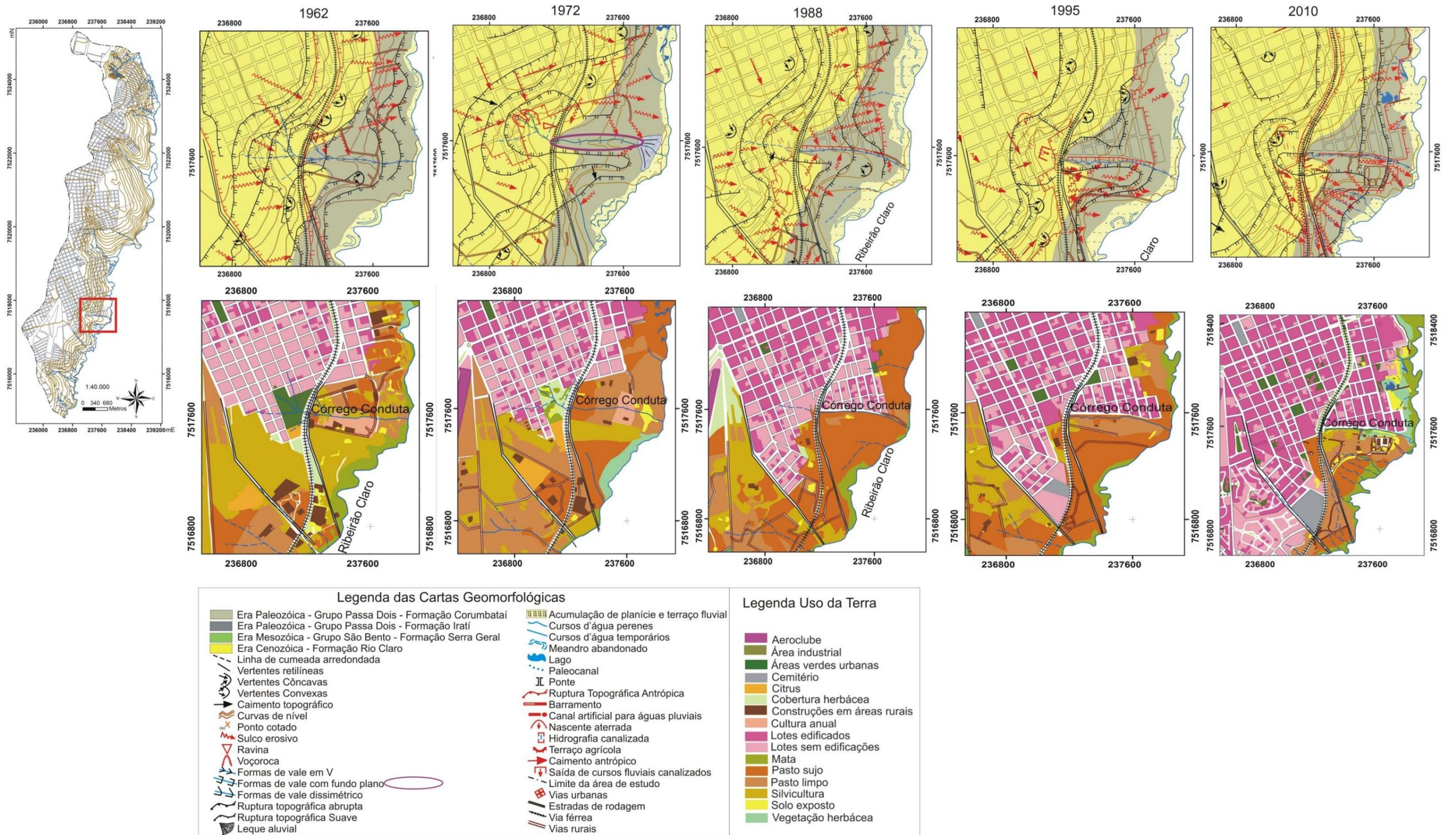


Figura 56 - Representação das feições geomorfológicas e uso da terra na área drenada pelo córrego Conduta. Destaque para o fundo de vale com características deposicionais no cenário de 1972. Organizado e elaborado pela autora.

A área onde está a nascente aterrada atualmente é uma praça. Nas proximidades do curso canalizado (Figuras 57) há indícios de processos erosivos acelerados, com transporte de materiais tecnogênicos em áreas de descontinuidade de pavimentos (limite de área pavimentada e não pavimentada), atestando que o terceiro estágio da urbanização, ou urbanização consolidada, proposto por Nir (1983) não foi atingido.



Figura 57 - Proximidades do curso fluvial canalizado do córrego Conduta apresentando depósitos de materiais tecnogênicos e indícios de processos erosivos acelerados. Acervo pessoal. Foto de Outubro/2012.

O córrego Conduta canalizado perpassa a ferrovia e a estrada vicinal que liga Rio Claro ao Município de Santa Gertrudes. Por meio de observações *in loco*, constatou-se que o trecho não canalizado caracteriza-se pela presença de placas de contenção que, teoricamente, visam dissipar a energia do fluxo adquirida no setor canalizado. Contudo, tais placas estão erodidas o que demonstra que a drenagem apresenta considerável poder erosivo (Figuras 58).

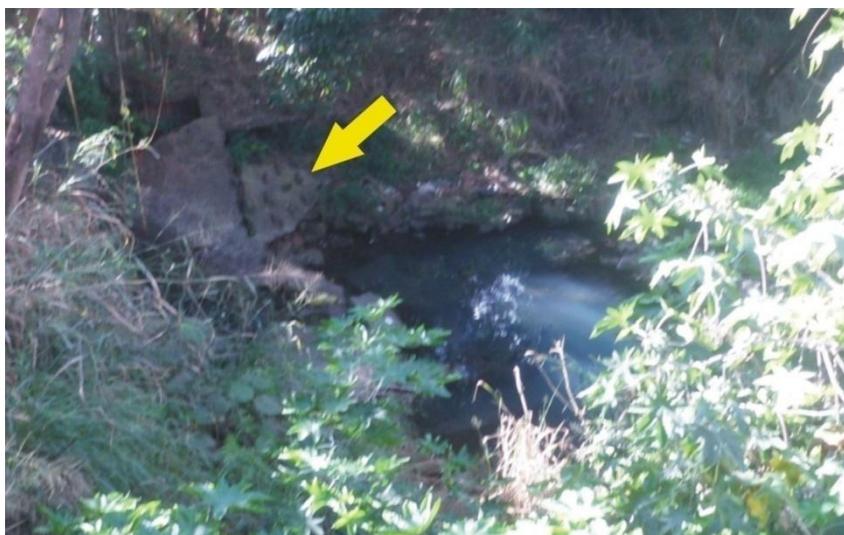


Figura 58 - Trecho do córrego Conduta não canalizado apontando placas de contenção erodidas observados em janeiro/2014. Acervo pessoal.

A dinâmica erosiva permanece ativa, com início de ravinamento observado em janeiro de 2014 na margem direita do trecho sem canalização (Figura 59). Em agosto deste mesmo ano foi observado o soterramento da ravina e terraceamento das áreas próximas, visando a contenção dos processos erosivos.



Figura 59 – Vertente drenada pelo Córrego Conduta apontando ravinamento em janeiro/2014 e terraceamento para a contenção do processo, observado em agosto/2014. Acervo pessoal.

O trabalho de campo permitiu identificar solo exposto no alto curso da área drenada pelo córrego Conduta, com material superficial derivado da Formação Corumbataí, caracterizado pela contração e dilatação do material predominantemente argiloso e uso recente de pastoreio (Figura 60).



Figura 60 – Material superficial argiloso marrom arroxeadado, derivado da Formação Corumbataí em vertente que drena para o Córrego Conduta. Acervo pessoal. Foto de Março/2015.

Nas proximidades do fundo de vale do ribeirão Claro, observou-se que a área urbanizada referente ao bairro Conduta (Projeto Pé-no-chão) está instalada em área de planície de inundação (Figura 61) do ribeirão Claro. Os terrenos apresentam inclinação inferior 2% de declive, constituindo áreas susceptíveis a inundações periódicas. Assim, nos períodos de cheias as águas podem ocupar o leito maior e atingir as habitações construídas. Cabe destacar que neste projeto não está explicitado nenhum responsável técnico, conforme explicam Mauro, Barcelos e Carvalho (1997).



Figura 61 - Área urbanizada em planície de inundação e cursos d'água que deságuam no Ribeirão Claro. Acervo pessoal. Fotos de Outubro de 2012.

Ainda, observações recentes *in loco* permitiram identificar novo aterro nas proximidades do pequeno canal que deságua no ribeirão Claro, com remoção da mata ciliar deixando os taludes expostos aos processos erosivos (Figura 62), podendo contribuir para o

assoreamento futuro deste curso d'água. Observa-se também que o esgoto doméstico é direcionado para este canal, assim como a proximidade das casas do Projeto Pé-no-chão no bairro Conduto.



Figura 62 – Pequeno curso d'água localizado na planície de inundação do ribeirão Claro. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

A ausência de drenagem urbana efetiva em terrenos que apresentam características arenosas, como o material coluvionar arenoso favorecem a movimentação de subsuperfície e abatimento de áreas impermeabilizadas. Assim, os arruamentos apresentam cavidades que variam em profundidade (Figura 63). As mais profundas geralmente são identificadas em setores com vazamentos de tubulações de drenagem pluvial



Figura 63 – Cavidades nos arruamento em áreas de material coluvionar arenoso. Acervo pessoal. Foto de Março/2015.

No que se refere às restrições ao uso urbano (Figura 64), apresentaram restrições muito severas as planícies de inundação do ribeirão Claro que estão fora da área de APP's (LVIII – uso recente de vegetação herbácea; XLVIII e XLVII – uso recente urbano; LXVI, LXIX, LXXIII e LVI – com uso recente de pastagem). Além disso, terrenos urbanizados desde 1962 que apresentaram fragilidade do meio físico variando entre forte e muito forte (XLIX) e terrenos próximos a nascente do córrego Conduta com presença de voçorocamento pretérito (LXV) com uso de mata até 1972 e uso urbano a partir de 1988 constituem-se de terrenos que apresentam restrições muito severas ao uso urbano. Os declives nestas áreas variam de 0% a 30%, sendo que os terrenos que apresentam declives inferiores a 2% localizam-se nas planícies de inundação.

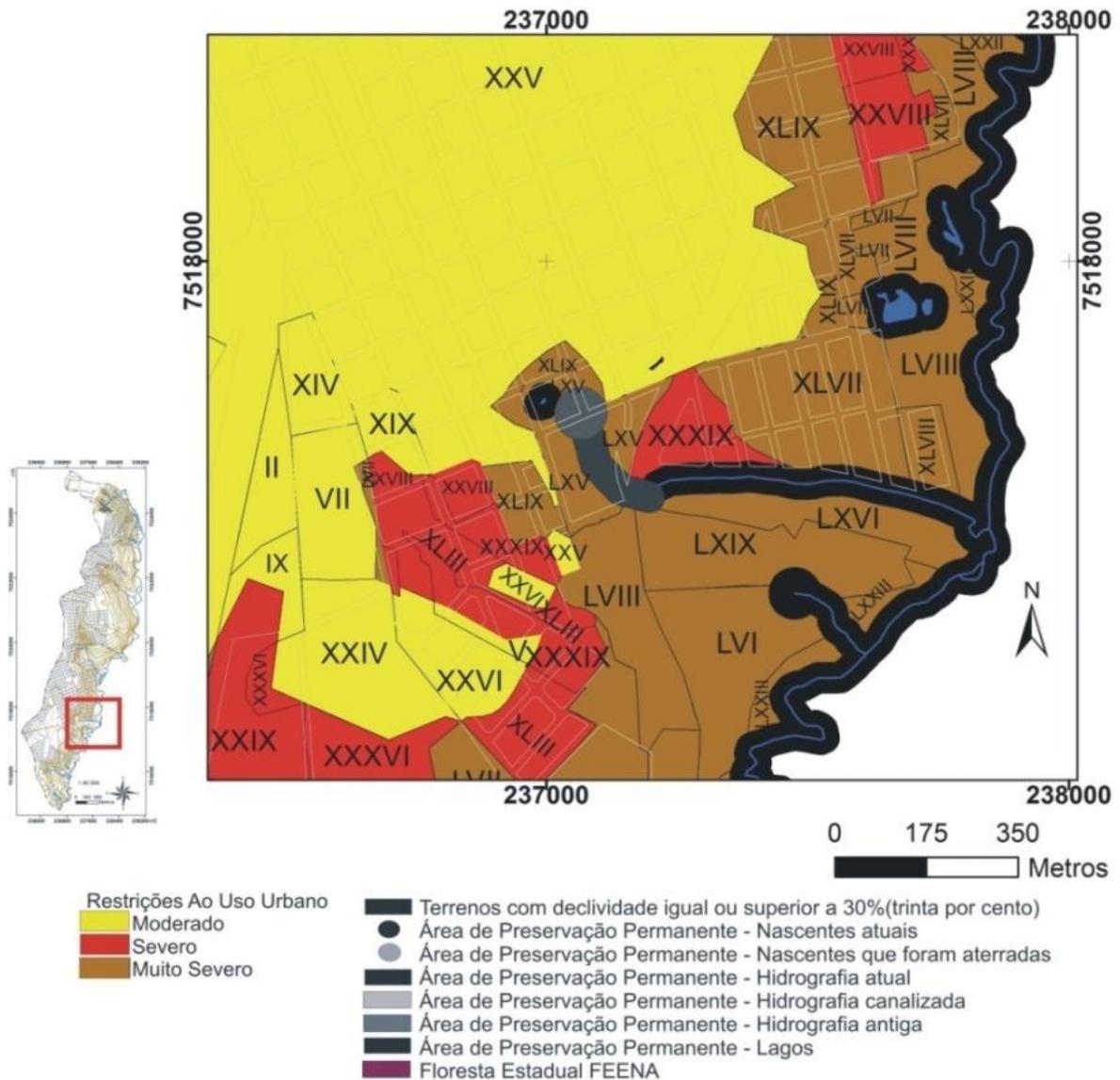


Figura 64 – Restrição do relevo ao uso urbano nas proximidades do córrego Conduta. Organizado e elaborado pela autora

Já as restrições severas ao uso urbano, destacam-se as unidades XLIII, localizada em

áreas de transição entre material residual amarelo e coluvionar amarelo, com uso de silvicultura até 1972 e uso urbano após 1988; XXVI e XXXVIII em áreas de transição entre material coluvionar amarelo e marrom arroxeadado (a primeira com uso de silvicultura em 1962 e uso urbano desde 1972, a segunda com uso silvicultura até 1995 e uso urbano em 2010); XXXIX em terrenos de material argiloso marrom arroxeadado, derivados da Formação Corumbataí. Os declives nesta área variam de 2% a 30%.

Caracterizaram-se por restrições moderadas o topo sem feições erosivas (II, VII e IX), classificados quanto ao histórico de uso por não apresentar problemas para o uso urbano, porém com fragilidade do meio físico que requer planejamento para a consolidação de drenagem urbana efetiva; XXIV e XXVI, localizadas em áreas de transição entre material residual arenoso e coluvionar arenoso, com feições erosivas em cenários anteriores a 2010 em terrenos de uso sequencial de silvicultura seguido de uso urbano; XXV são terrenos que foram urbanizados desde 1962 que apresentaram fragilidade variando entre fraca e média; XIV e XIX localizados no topo apresentando, no máximo, feições erosivas em três cenários anteriores a 1995.

Outra área que deve ser destacada localiza-se a sudoeste da área de estudo. Os cortes feitos para a criação do aeroclube da cidade (Figura 65) e vias adjacentes, como a Avenida Presidente Kennedy, criaram rupturas topográficas que modificaram os caimentos topográficos naturais, ou seja, modificaram a direção das águas correntes em terrenos que possuem declives inferiores à 2% (sujeitos à inundações), caracterizados pelo material superficial residual amarelo.

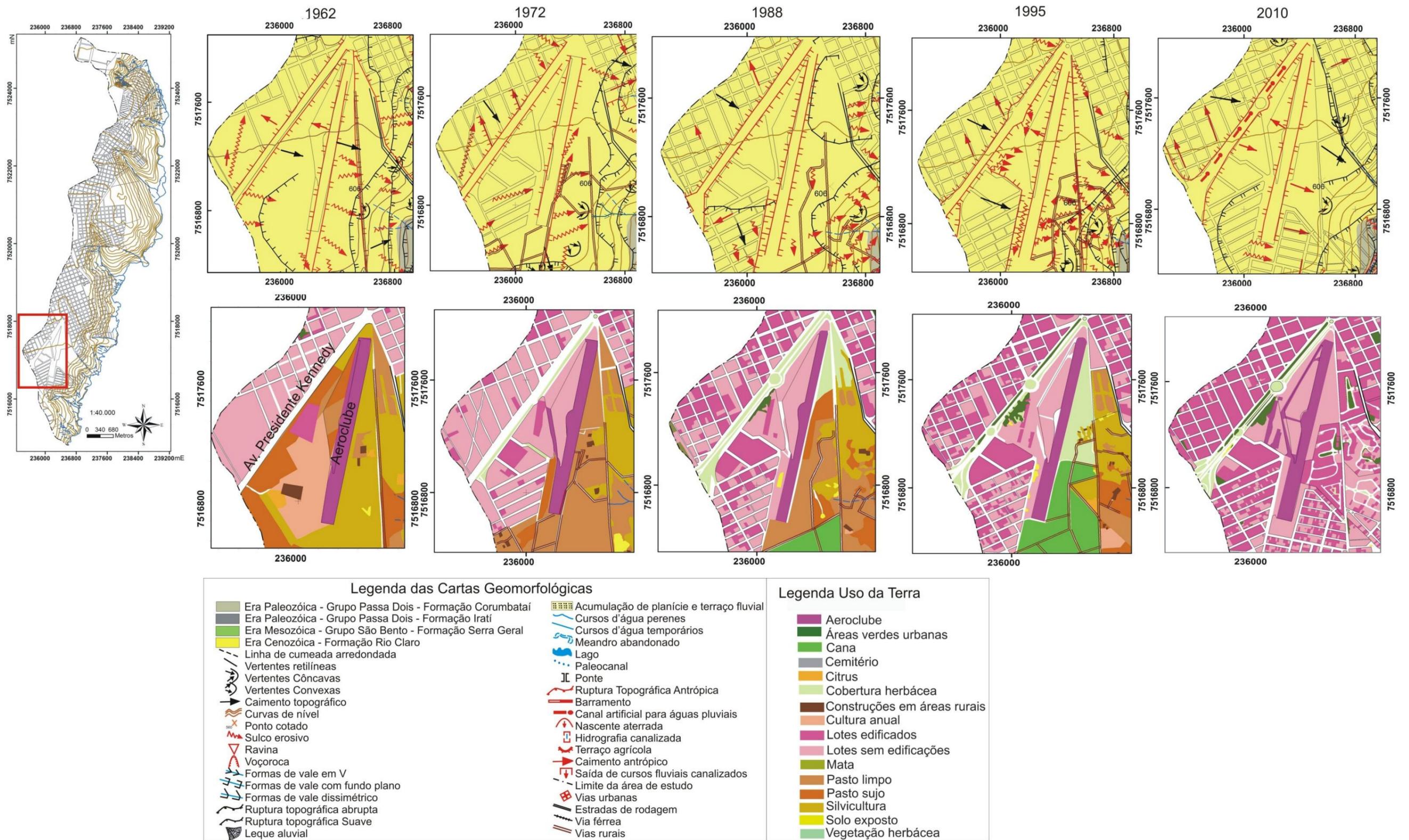


Figura 65 - Representação das feições geomorfológica e uso da terra do setor sudoeste da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.

Para exemplificar, no cenário de 1962 a ruptura suave foi identificada em terrenos destinados à atividades agropastoris. Já no cenário de 1972 no início da urbanização a feição de ruptura suave não foi identificada.

Ainda, observou-se canal artificial na Avenida Presidente Kennedy (Figura 66). Observe que o canal artificial localizado no topo drena paralelo ao curso d'água do ribeirão Claro, contrário ao caimento topográfico.

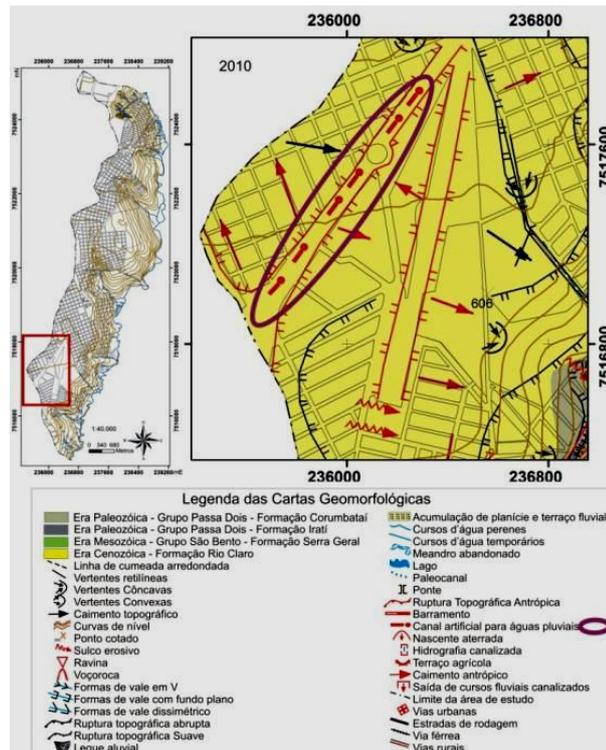


Figura 66 – Trecho do canal artificial localizado na Avenida Presidente Kennedy, setor sudoeste da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.

Pode-se observar na figura 67A o caimento antrópico contrário ao caimento topográfico, causando mudanças na ação das águas neste setor, contribuindo para ocorrência de alagamentos nesta área que apresenta escoamento superficial incipiente, denunciado pela água parada no canal artificial (Figura 67B). A figura 67C demonstra trechos com asfalto deteriorado em função da ação das águas correntes neste setor, apontando fragilidade muito forte neste setor da área de estudo.



Figura 67 – Caimento antrópico (seta vermelha) contrário ao caimento topográfico natural (A); Canal artificial (B); Asfalto deteriorado em função da ação das águas correntes (C). Acervo pessoal: Fotos de março/2015.

No que se refere às restrições destas áreas ao uso urbano (Figura 68), as áreas próximas ao aeroclube (Figura 69) estão localizadas no topo da área de estudo. As características físicas do terreno impõem restrição moderada para o uso urbano (declividades inferiores a 2% em terrenos caracterizados pelo material residual amarelo). Assim, a moderação refere-se ao planejamento de drenagem urbana efetiva. Ainda, a variação quanto à classificação da restrição no topo ocorreu em função da presença ou não de feições erosivas, na intensidade destes processos e no período de tempo ocorrido, conforme a dinâmica de uso da terra.

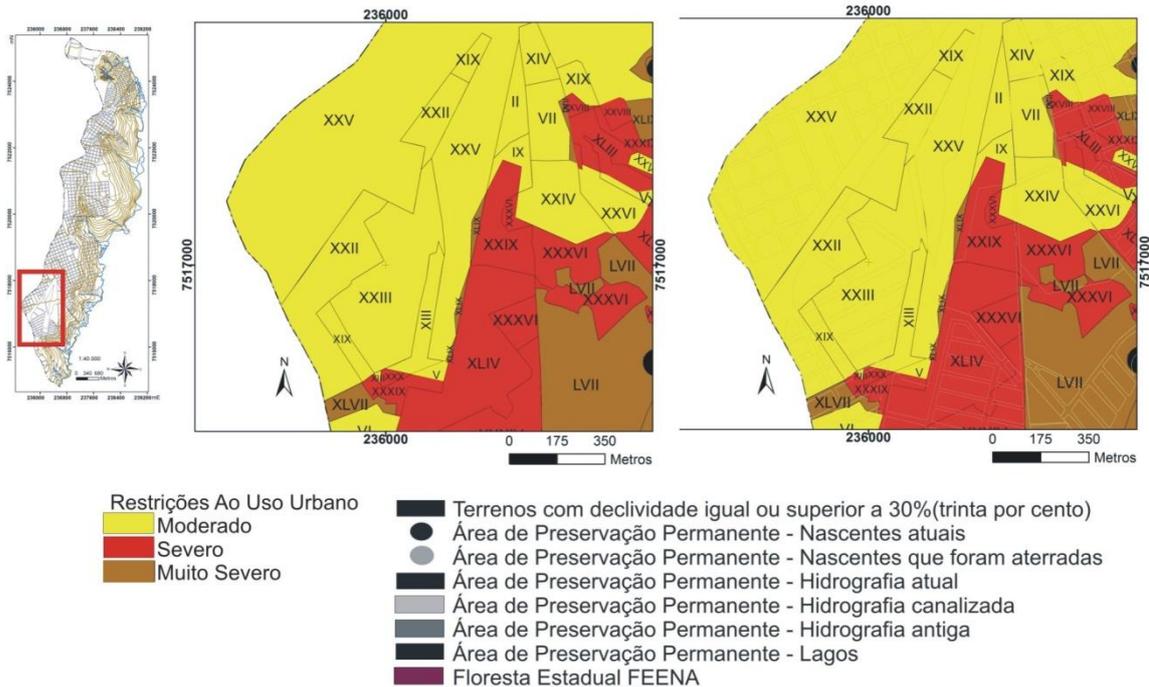


Figura 68 – Restrições ao uso urbano nas proximidades do aeroclube. Organizado e elaborado pela autora



Figura 69 – Baixa declividade nas proximidades do aeroclube. Acervo pessoal. Foto de março/2015

O ultimo setor destacado é o sul da área de estudo. Este apresenta lotes em processo de edificação no cenário de 2010. As vertentes deste setor são ocupadas predominantemente pelo uso rural nos cenários anteriores. Os tipos de usos (Figura 70) e arruamentos localizados interferiram na dinâmica das águas correntes do Córrego Itapuã.

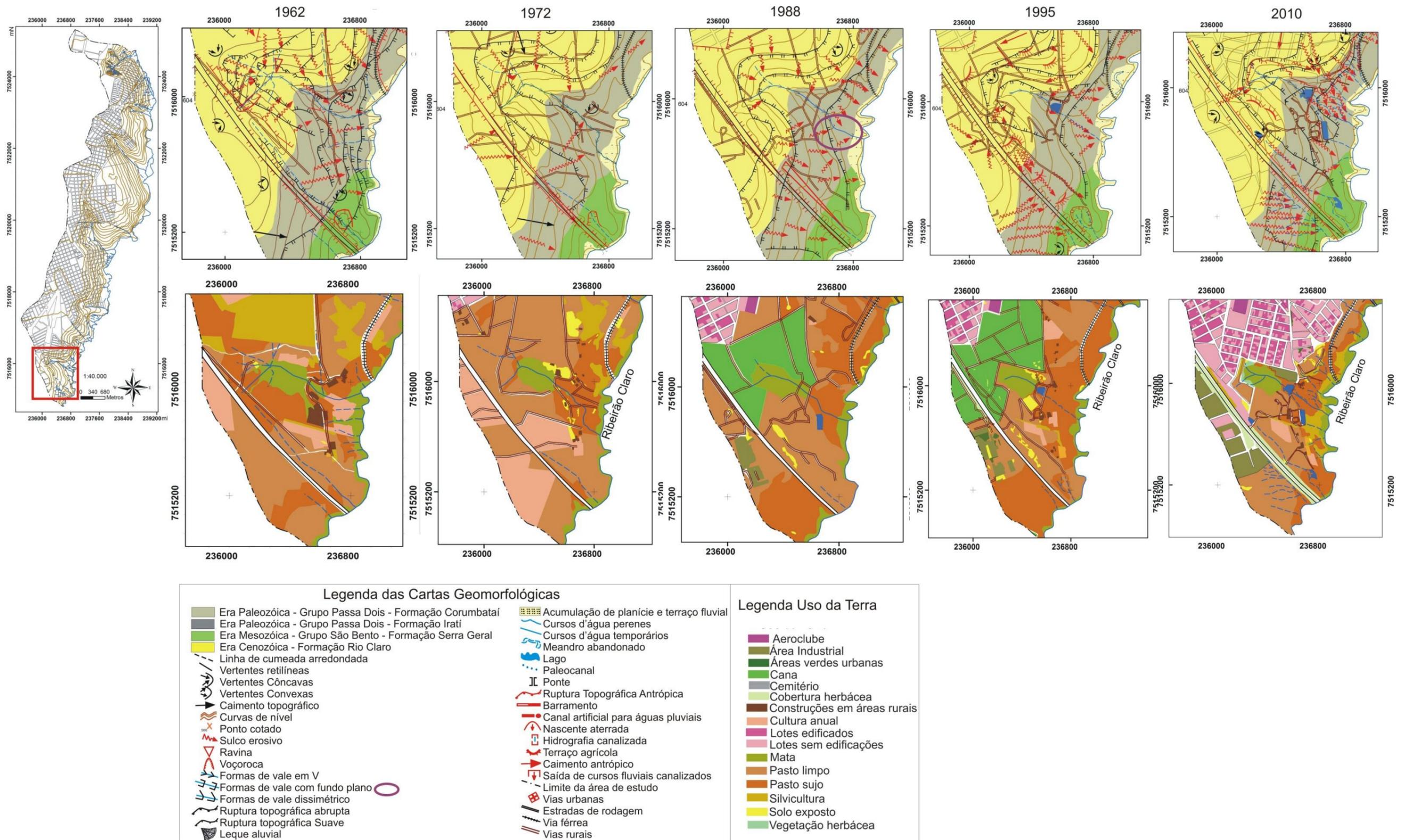


Figura 70 – Representação do uso da terra no setor sul da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.

No cenário de 1962, o Córrego Itapuã apresentava sua nascente bem definida (Figura 80), com alguns cursos d'água temporários no entorno. O fundo de vale em “v” demonstra uma dinâmica erosiva intensa. Os sulcos erosivos apresentam-se no entorno da cabeceira de drenagem, em terrenos de pasto sujo e pasto limpo, com presença de ravina.

Em 1972, a mudança do uso de pasto sujo para pasto limpo descaracterizou os trechos de canais temporários na alta vertente. Estradas de terras causaram o assoreamento de um pequeno trecho da nascente do Córrego Itapuã. A redução do comprimento do córrego é visível nas cartas de uso de 1962 e 1972. Ainda, a estrada de terra cruzando o trecho do córrego no baixo curso modificou o canal fluvial, alterando o trecho de deságüe do córrego Itapuã no ribeirão Claro. Considerando que a dinâmica erosiva do curso permaneceu neste cenário (1972), o excesso de sedimentos transportados resultou no aumento da área de APTF na confluência do córrego com o ribeirão Claro.

O assoreamento contínuo de trechos da nascente do córrego foi identificado nos cenários seguintes (1988 e 1995) em função do excesso de sedimentos oriundos do uso da cana-de-açúcar, dos cortes para construção das estradas de terras e do uso para pastoreio. Sabe-se que o período de entressafra da cana-de-açúcar aumenta a erosão das vertentes e acelera o processo de assoreamento dos cursos d'água. Em 1988, o córrego Itapuã possuía caráter erosivo da nascente até o médio curso, passando a ter caráter deposicional após dois arruamentos rurais que o perpassam no médio curso. Ainda no médio curso, observou-se a utilização da área por pasto sujo em terrenos que deveriam conter mata (no médio e baixo curso do córrego).

No cenário de 1995, o córrego permanece com características de fundo de vale em “v”, de caráter erosivo desde o alto curso até o trecho interceptado por arruamentos rurais. Entre os arruamentos há um lago antrópico e, após este, o que deveria ser a continuidade do córrego perene, passa a apresentar características de um curso temporário. O excesso de material transportado pelo córrego assoreou trechos de médio e baixo curso, transformando-o em temporário, regulado pelo lago instalado no médio curso. Provavelmente, o assoreamento do canal foi causado pelo uso de cana de açúcar no alto curso associados ao uso de pastagem em áreas do médio e baixo curso, vinculados à criação das estradas de terra e de lago artificial.

Considera-se que o processo de urbanização no setor sul é o mais recente da área de estudo, visto que os lotes estão em processo de ocupação (segundo estágio proposto por NIR, 1983) no cenário de 2010. Assim, as modificações ocorridas neste setor desde 1962 até 1995 são em grande parte devido ao uso rural, que predominou na área durante este período.

No cenário de 2010, observa-se que o alto curso apresenta canais de primeira ordem inexistentes em cenários anteriores. O fundo de vale tem característica erosiva até o lago artificial. À jusante, há diversos canais temporários em terrenos de pasto sujo. O canal perene do córrego Itapuã termina no lago, que o regula. Após o lago o canal é temporário em trechos do médio curso, porém observa-se o canal perene no baixo curso (Figura 71 e 72).

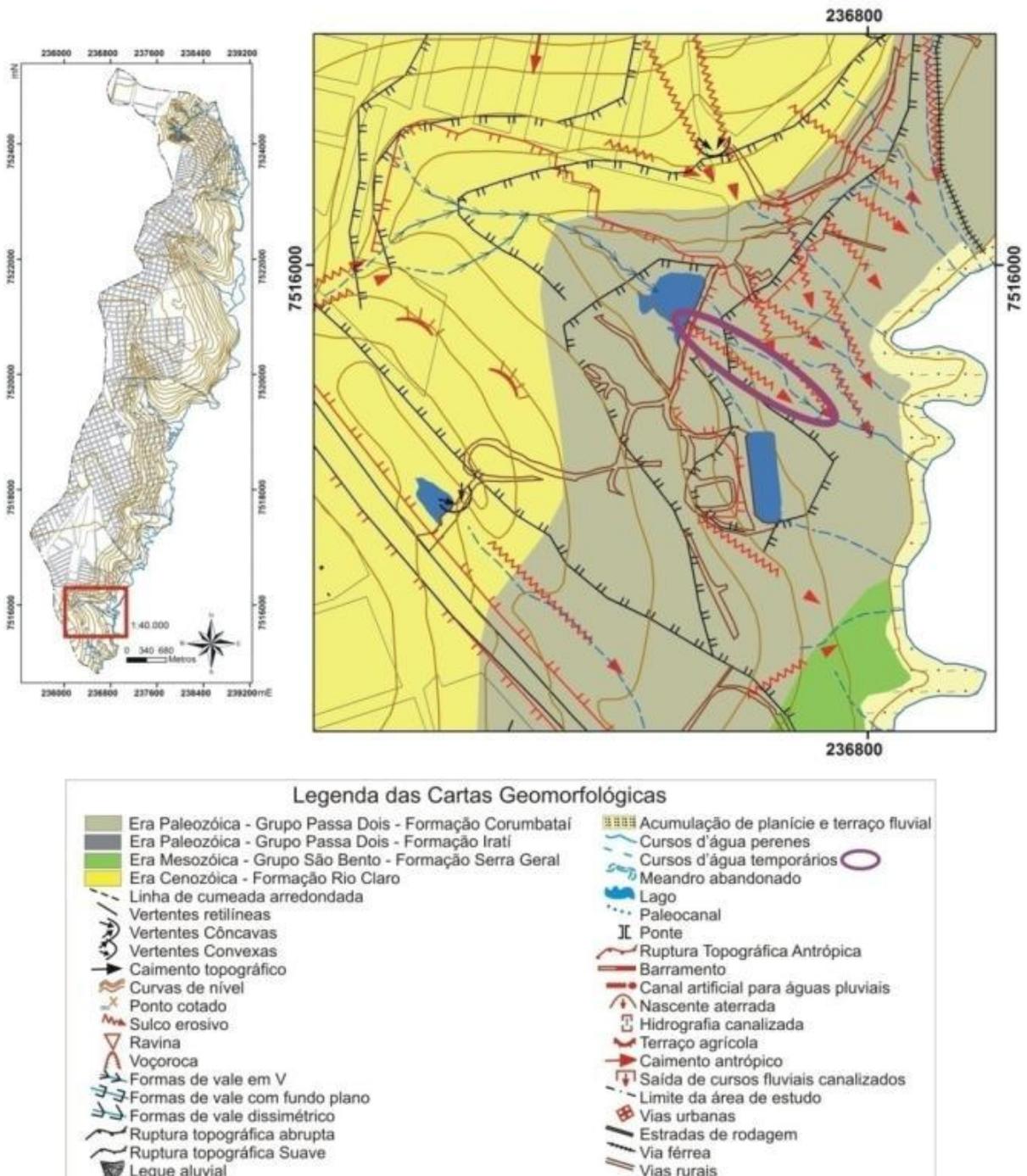


Figura 71 – Feições geomorfológicas identificadas no cenário de 2010 do córrego Itapuã. Destaque para o canal temporário localizado em trecho do médio curso do córrego. Organizado e elaborado pela autora.



Figura 72 – Trecho do canal temporário do córrego Itapuã. Acervo pessoal. Foto de Março/2015.

A área urbanizada e em processo de urbanização no cenário de 2010 corresponde aos setores que possuíam uso anterior de cana-de-açúcar (1995). De imediato, o processo de urbanização permite observar o estancamento dos processos erosivos nas áreas impermeabilizadas e a concentração destes nas áreas permeáveis.

A Rodovia Washington Luís, por exemplo, alterou a dinâmica das águas correntes e contribuiu para a formação de diversos canais temporários na área de estudo.

Na margem direita da Rodovia Washington Luís, em 1962 havia um grande canal temporário ao longo da rodovia, com presença de ruptura antrópica na baixa vertente, tratando-se de um terreno alagável. Em 1988 observou-se a presença de uma grande ravina instalada onde antes era um canal temporário, ou seja, os processos erosivos lineares foram intensificados. Em 1995, buscando conter os processos erosivos, são observados diversos terraços de contenção, porém com concentração de sulcos erosivos. A ruptura antrópica e a respectiva área alagada permanecem. No cenário de 2010, observou-se a redução dos sulcos erosivos, do canal temporário ativo bem como a presença de lagos (Figura 73). A rodovia modificou a ação das águas correntes neste trecho da vertente, concentrando-a paralelamente, potencializando os processos que ocorrem na circunvizinhança.



Figura 73 – Lago artificial localizado no sul da área de estudo, nas proximidades da Rodovia Washington Luís. Acervo pessoal. Foto de março/2015.

Na margem esquerda da Rodovia Washington Luís, os sulcos erosivos são identificados a partir de 1972, concentrando-se nos cenários de 1995 e também em 2010. Ressalta-se que no cenário de 2010 há diversos canais pluviais com presença de sulcos erosivos alimentando um canal pluvial paralelo à rodovia.

No que se refere às restrições ao uso urbano nestes terrenos (Figura 74), considerou-se restrição muito severa para os setores que apresentaram uso intensivo de pastoreio desde 1962, em áreas de material superficial argiloso marrom arroxeadado, com declives superiores a 5% na média e baixa vertente (LXVI); terrenos que apresentaram uso seqüencial de pastoreio até 1972 e de cana-de-açúcar em 1988 e 1995, com uso urbano em 2010 (LXII). Esta seqüência indicou ravinamentos pretéritos na área; áreas que apresentaram uso de silvicultura até 1972 e pastoreio de 1988 até 2010 em áreas de material superficial marrom arroxeadado (LXIX); uso seqüencial de pastoreio desde 1962 até 1995 alternando para uso de silvicultura em áreas de inundação do ribeirão Claro (LV); uso intensivo de pastoreio desde 1962 até 1995 alternando para uso industrial em 2010, localizados em terrenos de material marrom arroxeadado (LIII).

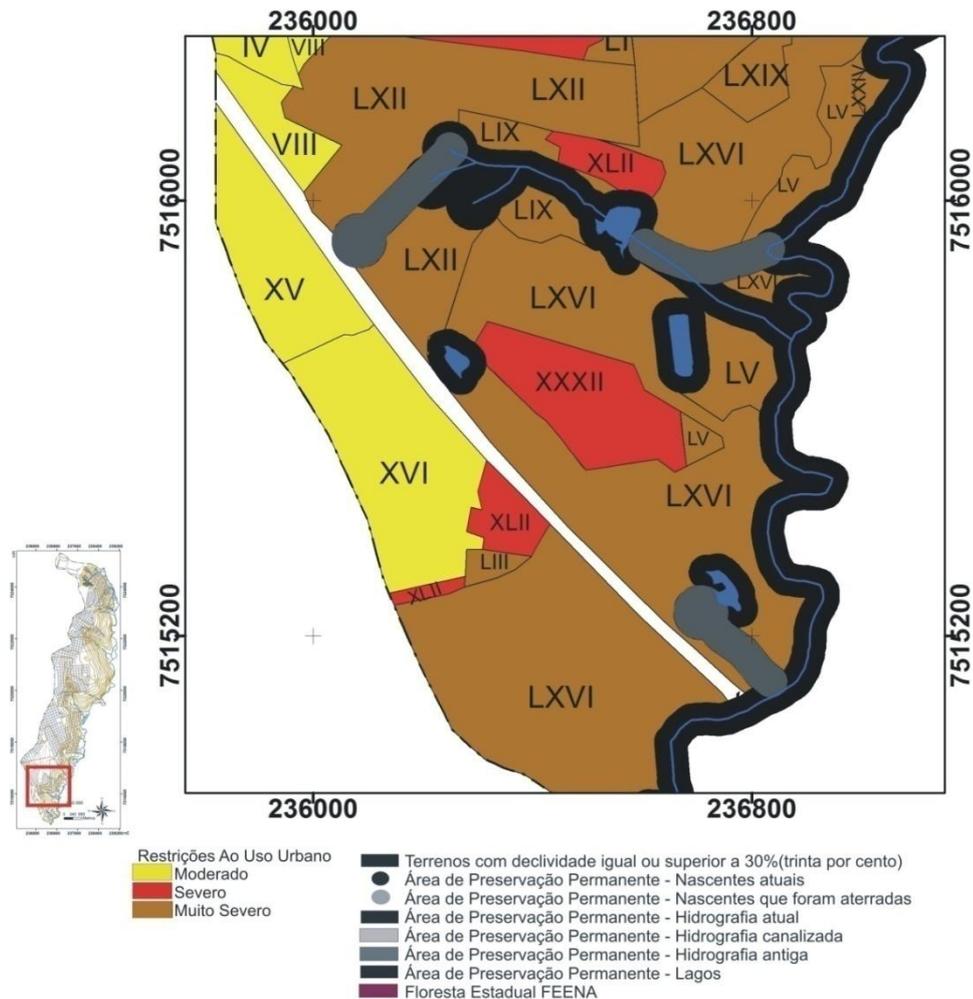


Figura 74 - Restrições ao uso urbano no setor sul da área de estudo. Organizado e elaborado pela autora.

Apresentaram restrições severas ao uso urbano as áreas de uso intensivo de pastoreio desde 1962 até 1995 e uso industrial em 2010 localizados em terrenos de transição entre material superficial residual amarelo e marrom arroxeadado (XLII) e terrenos que apresentaram cultura anual em 1962 e 1972, com posterior uso de pastoreio desde 1988 até 2010 em áreas de transição entre material residual amarelo e material marrom arroxeadado (XXXII).

No que se refere aos terrenos que apresentaram restrições moderadas, destacam-se as áreas que não apresentaram sulcos erosivos, localizadas no topo, sustentadas por material residual amarelo, com histórico de uso de pastoreio em 1962 e 1972, cana-de-açúcar em 1988 e 1995 e uso urbano desde 2010 (VIII) e silvicultura em 1962, pastoreio em 1972, cana-de-açúcar em 1988 e 1995 e uso urbano desde 2010 (IV). Além disso, foram considerados moderadamente restritos os terrenos que apresentaram uso sequencial de pastoreio desde 1962 até 1995 e uso industrial em 2010, localizado em área de material residual amarelo, com feições erosivas em dois cenários anteriores a 1995 (XVI); uso sequencial de cultura anual desde 1962 até 1972, com pastoreio em 1988, cana-de-açúcar em 1995 e uso industrial em

2010, localizados em terrenos de material residual amarelo, com histórico de feições erosivas em dois cenários anteriores a 1995.

Diante dos resultados expostos, compreende-se que o homem é um agente atuante no sistema relevo (trocando energia e matéria), conferindo alterações significativas neste e, conseqüentemente, nos demais sistemas naturais.

Assim, a urbanização no intervalo de tempo estudado (48 anos) foi responsável pela criação de diversas feições geomorfológicas antropogênicas, observadas no cenário de 2010, tais como ruptura topográfica antrópica, canais artificiais e hidrografia canalizada, e também modificou processos naturais dos cursos d'água perenes e temporários (dinâmica erosiva, energia do canal e quantidade de sedimentos transportados, bem como a dinâmica deposicional) e das vertentes (processos denudativos). Constatou-se que a urbanização alterou a morfodinâmica em diversos setores da área de estudo, através de cortes e aterros, criando caimentos topográficos antrópicos. A urbanização alterou até mesmo o sentido do declive. A passagem do uso rural para o urbano resultou em erosão acelerada nas vertentes e aumento de sedimentos nos cursos fluviais, assoreando diversas nascentes.

O contexto geológico de Rio Claro lhe confere suscetibilidade natural aos processos morfogenéticos, sobretudo aqueles a partir da ação das águas correntes, caracterizados como processos de erosão linear. O que se pode observar a partir da espacialização das feições erosivas foi a redução das áreas de voçorocas, ravinas e dos sulcos erosivos. Primeiramente, deve-se considerar que 3,76km² da área estava loteado em 1962, enquanto que o dobro da área estava loteado (7,91km²) em 2010. Nas áreas impermeabilizadas os processos erosivos são estancados. Nas áreas com presença de voçorocas ou ravinas foram implantadas medidas paliativas para controlar os processos atuantes tais como a criação de terraços de contenção ou mudanças no tipo de uso como a silvicultura. Os sulcos erosivos ficaram restritos as periferias, pois estes são os setores que apresentam descontinuidade de pavimento (limites entre área pavimentada e sem pavimentação).

É interessante comparar a extensão dos sulcos erosivos existentes no cenário de 1962 (15,8 km) com os do cenário de 2010 (17,78 km de extensão). Apesar de ocupar setores restritos da área no cenário de 2010, os dados apontaram que tais processos foram intensificados após a urbanização.

Cabe ainda ressaltar que a impermeabilização estanca os processos erosivos em superfície, contudo os processos de remobilização de subsuperfície nem sempre cessam. Os dutos de águas pluviais, associados ao intenso trânsito de ônibus, caminhões e carros, que

estão construídos na Formação Rio Claro (constatou-se que grande parte da área urbana está assentada nesta Formação), possibilitam a erosão de subsuperfície em diversos trechos impermeabilizados. Assim, os recapeamentos asfálticos são constantes.

Ainda, cerca de 45% da área de estudo apresenta declives inferiores a 2%, ou seja, escoamento superficial incipiente. Estas áreas sujeitas a inundações encontram-se, atualmente, bastante impermeabilizadas. Assim, é comum a ocorrência de enchentes, com avarias materiais e perdas de vidas humanas.

No que se refere ao modelo do processo de urbanização e suas conseqüências nos processos geomorfológicos, segundo Nir (1983) na fase inicial do processo de urbanização (ou período sub-urbano) há a retirada da vegetação, terraplanagem e loteamento do terreno. O início desta fase (retirada da cobertura vegetal e terraplanagem) foi identificada somente na alta vertente esquerda que drena para o córrego Bandeirantes, no cenário de 1995. Já terrenos loteados, porém desprovidos de ocupação foram identificados nas vertentes drenadas pelo córrego Mãe Preta, Cachoeirinha, Vila Industrial, Bandeirantes e Conduta. Como consequência, há aumento de feições erosivas lineares direcionadas para o fundo dos vales dos respectivos córregos.

O período de construção urbana (Nir, 1983) é o período em que o lote está sendo ocupado, aumentando os processos erosivos nas vertentes, causando aumento dos sedimentos no fundo de vale, podendo ocasionar o assoreamento dos cursos d'água. Neste contexto, pode-se afirmar que diversas nascentes foram aterradas para fins de urbanização, como ocorreu no córrego Lavapés e no córrego Conduta e, também, houveram outras nascentes assoreadas (visto que vários canais perenes sofreram redução em sua extensão). A concentração de feições erosivas ocorreu de forma significativa nas vertentes que drenam para o córrego Cachoeirinha, Lavapés, Conduta, Bandeirantes e ribeirão Claro durante o período de intensa urbanização. Verificou-se aumento da carga de sedimentos nestes córregos, identificados a partir do aumento dos leques aluviais e também das áreas de APTF.

O período do urbano desenvolvido, destacado por Nir (1983), caracteriza-se por não haver outros canais de escoamento senão o urbanizado. Além disso, as superfícies pavimentadas são essencialmente impenetráveis para a água, sendo levadas apenas por sarjetas, bueiros ou galerias de drenagem. Pode-se afirmar que apenas o centro da cidade, urbanizado desde 1962, atingiu este estágio.

Atualmente, o recapeamento de áreas impermeabilizadas no topo e na alta e média vertente (local onde a maior parte do sítio urbano está instalada) é comum, dada a presença de material inconsolidado derivado da Formação Rio Claro, de característica arenosa - e,

portanto, apresentando remobilização de sedimentos -, com registros de abatimentos associados a vazamento de tubulações enterradas. Assim, considera-se que os processos associados a movimentações de subsuperfície são de origem antrópica. Além disso, as vertentes drenadas pelos córregos Lavapés e Conduta não foram completamente impermeabilizadas.

Observou-se o aumento do leque aluvial do córrego Lavapés nos cenários de 1995 e 2010, indicando que, ainda nos dias atuais, há materiais oriundos das vertentes impermeabilizadas sendo transportados em subsuperfície. Além disso, o canal artificial localizado nas proximidades do bairro Saúde apresenta taludes desprotegidos, com material superficial exposto aos processos erosivos, tendo seus sedimentos transportados pela ação das águas correntes. Ademais, diversos bairros localizam-se nas áreas periféricas, próximas aos cursos d'água, setores que apresentam descontinuidade na superfície do pavimento (limites entre área pavimentada e não pavimentada), susceptíveis aos processos erosivos acelerados em função da erosão diferencial e também área receptora de sedimentos e materiais oriundos das atividades antrópicas.

Os fatos elencados permitiram atribuir níveis de alterações geomorfológicas (Quadro 12) inseridos nos estágios de desenvolvimento urbano de Nir (1983), onde os níveis mais altos indicam proporcionalmente maiores alterações.

Níveis de alterações geomorfológicas decorrentes da transição do uso rural para o uso urbano no setor leste da cidade de Rio Claro (SP)				
Estágios de desenvolvimento urbano (NIR, 1983)	Áreas identificadas	Ações antrópicas	Alterações na vertente	Alterações no fundo de vale
Período sub-urbano ou Período de construção	Sub-bacias dos córregos: Cachoeirinha, Vila Industrial, Bandeirantes, Conduta.	Retirada da cobertura vegetal e terraplenagem para fins de loteamento	Nível 1 - Instabilidade da vertente com a retirada da cobertura vegetal; Nível 2 – Exposição do material superficial aos processos morfogenéticos; Nível 3 - Transporte de material superficial para o fundo de vale em função da ação das águas correntes; Nível 4 – Intensificação dos processos erosivos lineares na alta, média e baixa vertente.	Nível 1 – Nascentes aterradas; Nível 2 – aumento da área de acumulação de planície e terraço fluvial (APTF) indicando modificação da dinâmica do curso fluvial;

<p>Período de construção urbana</p>	<p>Sub-bacias dos córregos: Mãe Preta, Cachoeirinha, Vila Industrial, Bandeirantes, Lavapés e Conduta</p>	<p>Remoção da camada superficial do solo; Ocupação dos lotes; Pavimentação das ruas e Construção de bueiros; Materiais de origem antrópica e materiais da camada superficial do solo disponíveis para transporte pela ação das águas correntes; Terraceamento para contenção de processos erosivos.</p>	<p>Nível 1 – redução da infiltração e aumento do escoamento superficial; Nível 2 – modificação do escoamento das águas pluviais e criação de canais artificiais; Nível 3 – aumento da quantidade de material transportado pela ação das águas pluviais; Nível 4 – aumento considerável do potencial erosivo das águas correntes (surtem feições que indicam processos erosivos lineares) nas descontinuidades entre área pavimentada e não pavimentada e em terrenos de pasto limpo em níveis topográficos abaixo da área urbanizada;</p>	<p>Nível 1 – Nascentes aterradas; Nível 2 – Aumento da APTF (modificação da dinâmica do curso fluvial); Nível 3 – canalização de cursos d'água; Nível 4 – Retilinação de cursos d'água; Nível 5 – aumento ou surgimento de leques aluviais;</p>
<p>Período urbano desenvolvido</p>	<p>Centro da cidade</p>	<p>Galerias e bueiros para a drenagem urbana; Pavimentação completa da superfície</p>	<p>Nível 1 – Processos erosivos estancados; Nível 2 – Aumento do escoamento superficial;</p>	<p>Não evidenciado na área de estudo.</p>

Quadro 13 - Níveis de alterações geomorfológicas decorrentes da ação antrópica na transição do uso rural para o uso urbano. Elaborado pela autora.

Diante do exposto, considera-se que a cartografia geomorfológica histórico-evolutiva associada ao histórico de uso da terra ofereceu respaldo para o entendimento das ações antrópicas no tempo e no espaço geográfico, fornecendo subsídios para a dedução das interferências destas ações nos processos geomorfológicos. Ainda, as modificações observadas no decorrer desta pesquisa apontam que o homem tem o poder de controlar e condicionar os processos geomorfológicos podendo, portanto, ser considerado um agente geomorfológico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa consistiu em diagnosticar as alterações geomorfológicas em decorrência da urbanização da área de estudo durante o período de 48 anos. A partir da análise de tais alterações, avaliou-se as restrições do terreno ao uso urbano considerando o histórico de uso deste período, a fim de identificar a capacidade de suporte do terreno ao uso urbano.

Assim, foram elaboradas cartas geomorfológicas de caráter histórico-evolutivo (1962, 1972, 1988, 1995 e 2010) para a análise da morfodinâmica derivada da ação antrópica ao longo do tempo. Identificou-se o uso da terra dos referidos cenários, analisando o contexto histórico evolutivo da urbanização, bem como sua influência nas formas do relevo da área de estudo. Foi analisada a declividade da área de estudo, haja vista a influência da geometria do relevo nos processos decorrentes da ação gravitacional, associada à hidrodinâmica sobre a morfologia. Atentou-se, também, para as características geológicas e de cobertura do material inconsolidado, dado suas influências nas características naturais do terreno.

O processo de urbanização brasileiro comumente desconsidera as características naturais gerando, como consequência, sérios danos ambientais. Para exemplificar, o traçado do arruamento urbano geralmente não segue as curvas de nível, possibilitando o aumento do escoamento superficial e dinamizando a energia das águas correntes, fato que geralmente acarreta em aumento dos processos erosivos nas proximidades dos cursos d'água – áreas de direcionamento do escoamento. Neste contexto, a maioria das cidades brasileiras não dispõe de plano de drenagem urbana, de maneira que não há organização e planejamento efetivo do escoamento das águas correntes, áreas com contenção e quebra de energia das águas correntes, etc.

A carta de fragilidade do meio físico permitiu sintetizar num único documento cartográfico as áreas que apresentam restrições do ponto de vista da legislação e a fragilidade dos terrenos legalmente passíveis de uso antrópico. Assim, os critérios de fragilidade do terreno aos processos morfogenéticos foram estabelecidos em função dos dados extraídos dos cinco cenários das cartas geomorfológicas, de materiais inconsolidados e de declividade, adaptando as concepções de Ross (1994, 1995, 2001).

Deste modo, a carta de fragilidade, associada à análise do histórico de uso da terra, permitiram identificar e classificar as dinâmicas de uso que impõem restrição ao uso urbano, desde as restrições moderadas até as muito severas, com base na suscetibilidade do relevo aos processos morfogenéticos e também no histórico de uso antrópico nestes terrenos.

A partir do levantamento e análise dos dados referidos, discutiu-se o modelo de

estágios evolutivos da urbanização propostos por Nir (1983) para o cenário internacional (período pré-urbano, período de construção e período urbano consolidado) com ênfase à área de estudo.

No que se refere à fragilidade do meio físico, os setores que apresentaram fragilidade muito forte localizam-se em áreas da média e baixa vertente que sofrem intensos processos em função da ação das águas correntes sobre materiais superficiais distintos. Os setores caracterizados por fragilidade forte localizam-se em trechos da alta, média e baixa vertente, apresentando feições erosivas anteriores ao cenário de 2010, em terrenos que a declividade varia de 5% a 30%, em áreas de transição de materiais superficiais. Os setores que apresentaram fragilidade física média localizam-se em trechos da alta, média e baixa vertente, apresentaram feições erosivas em dois ou três cenários anteriores ao cenário de 1995, em terrenos sustentados por distintos tipos de materiais superficiais e declividades que variam entre 0% e 15%. Os setores caracterizados pela fragilidade física fraca dispõem-se em terrenos com declives que variam de 0% a 15% na alta e média vertente e que apresentaram sulcos erosivos pretéritos em até dois cenários anteriores ao cenário de 1988 ou 1995.

No que se refere às áreas legalmente passíveis de uso antrópico, os setores caracterizados por restrições muito severas ao uso urbano localizam-se na alta (proximidades de nascentes), média e baixa vertente (em concavidades expressivas na vertente), em função da identificação de feições erosivas lineares nos cenários mais recentes e áreas que apresentaram uso seqüencial de pastoreio durante 48 anos, independente da fragilidade do meio físico.

Ainda, foram definidos como restrição muito severa as áreas alagáveis que estão fora dos limites estabelecidos pela legislação brasileira como APP. Sabe-se que as áreas de planície de inundação variam de acordo com as características da área. Contudo, a legislação brasileira considera padrões fixos para o dimensionamento das APP's. As planícies de inundação são áreas ambientalmente sensíveis e os danos podem ser irremediáveis. Neste sentido, até que ocorram mudanças na legislação brasileira, considera-se prudente a identificação destes setores e imposição de restrições ao uso por parte do poder público municipal devem advir.

Os setores que apresentaram restrições severas localizam-se em trechos da alta, média e baixa vertente, identificados a partir da fragilidade do meio físico. Além disso, as áreas de transição de material superficial associado à identificação de sulcos erosivos, bem como o uso seqüencial de pasto em dois ou mais cenários influenciaram na caracterização da classificação severa ao uso urbano.

Os setores que apresentaram restrição moderada ao uso urbano localizam-se no topo, em trechos da alta e média vertente em função da fragilidade fraca ou média. A classificação estabeleceu o critério de quantidade de feições erosivas identificadas no histórico de uso, materiais superficiais que apresentam maior resistência no contexto da área de estudo e dinâmica do escoamento superficial (declividade).

A asserção de fase inicial urbana de Nir (1983) foi comprovada através da observação da retirada da vegetação para a instalação dos lotes na vertente esquerda que drena para o córrego Bandeirantes. O período de construção urbana também foi comprovado, haja vista que diversas nascentes foram aterradas ou assoreadas em consequência da grande quantidade de sedimentos oriundos da fase de construção ocorrida na vertente denunciada pela concentração de feições erosivas, acarretando no aumento da APTF e também dos leques aluviais. Contudo, pode-se afirmar que o período do urbano desenvolvido destacado por Nir (1983) se aplica apenas ao centro da cidade, área onde o processo de urbanização ocorre desde 1962. Outros trechos da área de estudo não atingem este estágio, pois observou-se que alguns cursos fluviais urbanos não foram canalizados ou foram parcialmente canalizados; há terrenos que apresentam descontinuidades superficiais entre área pavimentada (à montante) e não pavimentada (à jusante) sendo estas as áreas onde os processos erosivos estão atualmente concentrados (cabeceiras de drenagem e terrenos próximos aos fundos de vale); cerca de 45% da área apresenta escoamento superficial incipiente.

O maior desafio desta pesquisa consistiu na elaboração da carta de restrições ao uso urbano, pois analisou-se a dinâmica de uso utilizando cinco cenários distintos, com uma série de combinações de usos da terra em terrenos que apresentavam, algumas vezes, a mesma combinação, porém apresentando fragilidades do meio físico diferentes. Compreender que a capacidade de suporte do terreno é distinta e que, algumas vezes, independe da fragilidade do meio físico é necessário para se aproximar do entendimento da realidade da área de estudo. Para exemplificar, o uso consecutivo de pastagem durante o período de tempo estudado (48 anos) ocorreu em terrenos que apresentaram fragilidade do meio físico de fraca a muito forte. Contudo, os danos causados por este histórico de uso atribuíram a estes terrenos restrição ao uso urbano muito severo, classificado como LXVI.

Neste sentido, diversos trabalhos de campo foram necessários para identificar estas questões *in loco*. Os trabalhos de campo permitiram fazer as reambulações dos dados necessários nas cartas geomorfológicas, na carta de fragilidade do meio físico e também na classificação das restrições ao uso urbano.

Considera-se que, ao apresentar setores com limitações quanto ao uso urbano, este

trabalho apresenta importantes contribuições que visam nortear as políticas públicas urbanas pautadas nas características físicas do terreno e sua morfodinâmica e, também no histórico de uso da terra, visto que as sucessivas intervenções antrópicas podem modificar a fragilidade do terreno quando condicionados a determinados históricos de uso. Assim, além da contribuição científica e para a práxis na área estudada, pode servir de exemplo para outras localidades em processo de urbanização ou em áreas em que se planejam a expansão urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB" SABER, A. N. A. A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da bacia do Paraná. **Boletim Instituto Geografia** - USP. São Paulo, n. 15, p. 1-15, 1969.
- _____. Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia** - USP. São Paulo, n. 1, p. 1–21, 1949.
- _____. A Terra Paulista. **Boletim Paulista de Geografia** – USP. São Paulo, n. 23, jul., p. 5-38, 1956.
- AMARAL, R. GUTJAHR, M. R. **Desastres naturais**. (Série Cadernos de Educação Ambiental, n.8). São Paulo: IG / SMA, 2011.100 p.
- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Orgs: CUNHA, S. B. E GUERRA, A. J. T. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 365-390.
- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Orgs: CUNHA, S. B. E GUERRA, A. J. T. 8ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 365-392.
- BANCO MUNDIAL. Dados de população urbana mundial nos anos de 2000 e 2012. Disponível em: <<http://wdi.worldbank.org/table/2.1>>. Acesso em: 20 de Março de 2014.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias de drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.
- BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas**. Rio Claro, 2005. Escala: 1: 25.000.
- BOTELHO, R. G. M., SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C., GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.
- BRAGA, R. Planejamento urbano e recursos hídricos. In: **Recursos Hídricos e planejamento urbano e regional**. Orgs: Braga, R.; Carvalho, P. F. Laboratório de Planejamento Municipal. Deplan/IGCE – Unesp. Rio Claro. P. 113 – 127. 2003.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.766, de 19/12/1979. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm>. Acesso: 03 nov. 2013.
- BRASIL. Lei Federal nº Lei Federal nº12.651 de 25/05/2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso: 10 ago. 2014.
- BRASIL. Lei Federal nº Lei Federal nº12.727 de 17/10/2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso: 10

ago. 2014.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de junho de 2000. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, DF, 19 jun. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso: 20 jan. 2015.

BRASIL, República Federativa do. Código Florestal: Lei n 4771 de 15 de setembro 1965. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 20 mar. 2015.

BROWN, E. H. O homem modela a Terra. **Boletim Geográfico**. v. 30, n. 222, 1971. (p. 1 – 18).

BUTLER, D., Davies, J. **Urban Drainage**. 2nd Edition. Spon Press. London, 2004.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José. S. de. Princípios Básicos em Geoprocessamento p. 3-11. In: **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 1998.

CARVALHO, P. F; BARCELOS, J. H. Deposição irregular de resíduos sólidos urbanos. In: **Laudos Periciais em depredações ambientais**. Org: MAURO, C. A. Laboratório de Planejamento Regional, DPR, IGCE, UNESP. Rio Claro, 2007. P. 120-124.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1994.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acessado em: 25/07/2015.

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, 1966.

CHORLEY, R. J. A Geomorfologia e a teoria geral dos sistemas. **Notícia Geomorfológica**. PUC – Campinas. v. 11, n. 21, p. 3-22. 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. Hucitec. Edusp. 1979.

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP**. Tese (Doutorado em Geologia Geral). Volume 1. IGCE. UNESP. Rio claro, 1983.

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP**. Tese (Doutorado em Geologia Geral). Volume 2-Mapas. IGCE. UNESP. Rio claro, 1983.

CUNHA, C. M. L. da. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

CUNHA, C. M. L.; MORUZZI, R. B.; BRAGA, R. Diagnóstico dos elementos de drenagem da área urbana de Rio Claro – SP: Subsídios para o Plano Diretor. **Revista de Estudos**

Ambientais (Online). V. 11, n. 2, p. 88-100, 2009. Disponível em:
<<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/viewFile/1551/1201>> Acessado em
05/10/2010.

DE BIASI, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 21, p. 8 – 12, 1970.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, p. 45 – 60, 1992.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6ª edição. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2005. 224 p.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S/A - EMPLASA. **Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo (Projeto Mapeia São Paulo) 2010/2011**. São Paulo. 2011. Escala: 1.1000.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Org: FLORENZANO, T. G. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008. p. 105-128.

FÚLFARO, V. J; SUGUIO, K. A Formação Rio Claro (Neocenozóico) e seu ambiente de deposição. **Revista do Instituto Geográfico e Geológico**. São Paulo, v. 20, p. 45-60. 1968.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados do censo de 2010 – por Município. Disponível em: <
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 07/07/2011.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento; Orçamento e Gestão; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Diretoria de Geociências; Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2. ed., 2006, 91 p.

GOLOMB, B; EDER, H. M. Landsform made by man. **Landscape**, p. 4-7, 1964.

GOUDIE, A. **The human impact on natural environment: past, present and future**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 357 p.

_____. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**. v. 53, n. 7, p. 37-59, 1993.

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

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

GUSTAVSSON, M. Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 236. **Acta Universitatis Upsaliensis Upsalla**. Upsalla

Universitet, 2006, 36 p.

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

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

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento aerofotogramétrico de 1962 – Projeto Corumbataí**. São Paulo. Escala 1:25.000.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento aerofotogramétrico de 1972 – Projeto Corumbataí**. São Paulo. Escala 1:25.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. Escala 1:500.000. volume I.

JACKS, G. V; WHYTE, R. O. **The rape of the earth**. Faber. London, 1939.

JOLY, F. Probleme de la cartographie géomorphologique. In: DEMEK, J. (ed.) **Progress Made in Geomorphological Mapping**. Brno: IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967, p. 205-218.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In.: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2011. p. 117-146.

LIEBMANN, H. **Terra, um planeta inabitável? Da antiguidade, até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade**. Edições melhoramentos. Editora da Universidade de São Paulo. Tradução de Meurer, Flávio. 1976. 183 p.

LUZ, M. J. H. M. Aspectos do desenvolvimento urbano de Rio Claro: da lei federal do parcelamento do solo 6.799/79 até os nossos dias. **Arquivo Rio Claro**, Rio Claro. N. 3. Jun. 2009. (Edição comemorativa de 30 anos)

Malinowski, L. R. L. **Morfoanatomia, fitoquímica e atividades biológicas de folhas jovens de *Eucalyptus globulus* subespécie *bicostata* (Maiden et al.) J. B. Kirkpat., Myrtaceae.** – Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

MARCH, G. P. **Man and nature: physical geography as modified by human action**. New York: Charles Scribner, 1864. 580 p.

MAURO, C. A.; BARCELOS, J. H.; CARVALHO, P. F. Projeto municipal de habitação em área de preservação permanente. In: **Laudos Periciais em depredações ambientais**. Org: MAURO, C. A. Laboratório de Planejamento Regional, DPR, IGCE, UNESP. Rio Claro, 2007. P. 58-76.

MELO, M. S. **A formação rio claro e depósitos associados: sedimentação neocenoica na depressão periférica paulista**. Tese de doutorado. Programa de pos graduação em

geologia sedimentar. São Paulo. 1995 144 p. (Tese de Doutorado, IG-USP)

MENDES, I.; PEREIRA, S. Impactos ambientais vinculados a urbanização: O caso de Ubatuba, SP. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 2, p. 281-293. 2004.

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-CACCIA, I. C.; RODRIGUES, C. Geomorfologia urbana histórica: uso da historiografia, iconografia, cartografia antiga e toponímia em estudo geomorfológico retrospectivo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo.. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, IX, 2012, Viçosa. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. v. 1. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/10/10-577-668.html>>. Acesso em 20 mar 2015.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS). How do human-modified landforms fit into geomorphic description?. National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska, 2005. Disponível em <http://clic.cses.vt.edu/ICOMANTH/Schoeneberger_Scheyer_Human-Modified_landforms_2005.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2013.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983.

NUNES, J. O. R. Os novos ritmos da natureza. **XXIV Encontro de Professores de Geografia**, 2004. Disponível em: <<http://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/os-novos-ritmos-da-natureza.pdf>>. Acesso em: 15/07/2011.

OLIVEIRA, A. B. de **A análise geomorfológica e sócio econômica como instrumento de ação no planejamento urbano**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1997. 204 p.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T. et al. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 3ª edição, 2007. p. 57-100.

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: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais...** Recife, p. 1-13, 2010.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998, 271 p.

PELOGGIA, A. U.; OLIVEIRA, A. M. S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das Geociências. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDO DO QUATERNÁRIO, 10, 2005, Guarapari. **Anais...** ABEQUA (CD-ROM). 2005. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf>. Acessado em 21/11/2013.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro, FIBGE, 1974.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Instituto de geografia – USP. São Paulo: Series teses e monografias n. 22, 86 p., 1976.

PENTEADO - ORELLANA, M. M. Estudo geomorfológico do sitio urbano de Rio Claro-SP. **Noticia geomorfologia**, Campinas, ano 21, n. 42, p. 23-56, 1981.

PERINOTTO, J. A. J; ETCHEBEHERE, M. L. C; ZAINE, J. E.; SAAD, A. R. Nova contribuição ao conhecimento da Formação Rio Claro (T) na folha Rio Claro (SP). **Revista Geociências**, v. 25, n. 3, p. 297-306, 2006.

PORTO, R., ZAHED, K, TUCCI. C., Bidone, F. Drenagem urbana. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Editora UFRGS. Orgs: Tucci. C, Silveira, A, et al 4ª edição. Porto Alegre, 2009. 943 p.

REIS, C. M.; ZANCHETTA, D. PONTALTI, S. F. L. (orgs) **Plano de Manejo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade**. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, São Paulo, 2005.

RIO CLARO. Lei Municipal nº 072/08. **Plano diretor e normas complementares**. Rio Claro, SP, 27 dez. 2007. Rio Claro: Tribuna 2000, 2008.

RIO CLARO. Lei Municipal n. 081/13. **Lei Complementar**. Rio Claro, SP, 25 set 2013. Rio Claro, 2013. Disponível em: <http://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/pd_2013/2-LEI-COMPLEMENTAR-N081.pdf>. Acessado em 21/11/2013.

RIO CLARO. Lei Municipal n. 082/13. **Lei Complementar**. Rio Claro, SP, 25 set 2013. Rio Claro, 2013. Disponível em: <http://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/pd_2013/4-LEI-COMPLEMENTAR-N082.pdf> Acessado em 21/11/2013.

ROCHE, D. Le temps de l'eau rare, du Moyen Age à l'Epoque Moderne. In: BERNADIS, M. A.; NESTEROFF, A. (orgs.). **Le grand livre de l'eau**. p.115-128. La Manufacture et La Cité des Sciences et de l'Industrie. Paris, 1990.

RODRIGUES, C. On anthropogeomorphology. In: REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro. v. 1, 1999. p. 100-110. Disponível em: <<http://www.geomorph.org/sp/arch/br99/f26.html>>. Acesso em 05/06/2011.

_____. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplos na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 101-111, 2005.

_____. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 20, p. 111-125, 2010.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIA's / RIMA's. In: **Geomorfologia e Meio**

Ambiente. Orgs: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. 2nd Edição. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998. p. 291-336.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da geografia da natureza. In: **Geografia do Brasil.** Org: ROSS, J.L.S. Ed. USP, 5a edição. São Paulo, 2008. p. 13-66.

_____. **Geomorfologia e Planejamento.** São Paulo: Contexto, 2005. 85 p.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, n.8, p.63-74, 1994.

_____. Análise na Abordagem Geográfica Integrada da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, n.9, p.65-75, 1995.

_____. **Geomorfologia e Geografia Aplicadas a Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental.** 2001. 322f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2001.

ROSSETTI, L.A.F.G. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP).** 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

ROSSETTI, L.A.F.G. **Modelagem dinâmica espacial de mudanças no uso do solo urbano: contribuição metodológica.** 2011. 132 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

SANCHEZ, M. C. A propósito das cartas de declividade. SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, 1993. **Anais...** São Paulo, FFLCH. n 5, p. 311-314, 1993.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados- SEADE. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/web/ipvs/index_ipvs.htm>. Acesso em: 10 jan. 2015.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados- SEADE. Levantamento de dados demográficos. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/banco-de-dados/>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Decreto nº 46.819, de 11 de junho de 2002. Transforma o Horto Florestal em FEENA. Disponível em: <<http://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/144907/decreto-46819-02>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Cultura. Bem tombado – Horto e Museu Edmundo Navarro de Andrade. Resolução de 9/12/77. Disponível em: <http://www.cultura.sp.gov.br/portal/site/SEC/menuitem.bb3205c597b9e36c3664eb10e2308ca0/?vgnnextoid=91b6ffbae7ac1210VgnVCM1000002e03c80aRCRD&Id=f6f71aa56faac010VgnVCM2000000301a8c0____>. Acesso em: 10 jan. 2015.

SELINGARDI-SAMPAIO, S. A indústria em Rio Claro: dois momentos ao longo do século XX. **Arquivo Rio Claro**, Rio Claro. Jun. 2000 (173º aniversário).

SHERLOCK, R. L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. London: High Holborn, 1922. 404 p.

SILVA et al. Disposição final de resíduos sólidos industriais (II). In: **Laudos Periciais em depredações ambientais**. Org: MAURO, C. A. Laboratório de Planejamento Regional, DPR, IGCE, UNESP. Rio Claro, 2007. P. 109-119.

SILVEIRA, A. **Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 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, Rio Claro, 2013.

SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Elaboração do Ábaco Digital Para a Identificação de Classes de Declividade: Aplicações na Baixa Bacia do Rio Piracicaba-SP. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XIII, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. v. 1. p. 1 – 10.

SOUZA, T A, OLIVEIRA, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p. 1348–1355, 2012.

SZABÓ, J. DÁVID, L. LÓCZY, D. (Eds.) **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Original Edição Hungara publicada por: Kossuth Egyetemi Kiadó-Debreceni Egyetem. Antropogén geomorfológia, 2006. 1st Edition, 2010.

TERRAFOTO. **Fotografias Aéreas**. Rio Claro, 1988. Escala: 1: 25.000.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965. 496p.

TUCCI, C. Controle de enchentes. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Editora UFRGS. Orgs: Tucci, C, Silveira, A, et al 4ª edição. Porto Alegre, 2009. 943 p.

TROPMAIR, H. **Rio Claro: ontem e hoje**. Secretaria Municipal de Educação. Prefeitura de Rio Claro. 2008. p.106.

TROPMAIR, H.; MNICH, J. Cartas geomorfológicas. **Notícia Geomorfológica**. PUC – Campinas, v. 9, n. 17, p. 43-51, 1969.

UNIVERSIDADE DE PRINCETON. Informações sobre o Simpósio “Man’s role in changing the face of the earth”, ocorrido em 1955. Disponível em: <
[http://www.princeton.edu/forbescollege/about/history/\(mans-role-in-changing-th\)/>](http://www.princeton.edu/forbescollege/about/history/(mans-role-in-changing-th)/>). Acesso em 10 de março de 2014.

VERSTAPEN, H.T; ZUIDAM, R. A. van. **System of geomorphological survey**.

Netherlands, Manuel ITC Textbook, vol. VII. 1975. 52p.

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na folha Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado Geociências e Geologia Regional). IGCE. UNESP. Rio Claro, 1994.

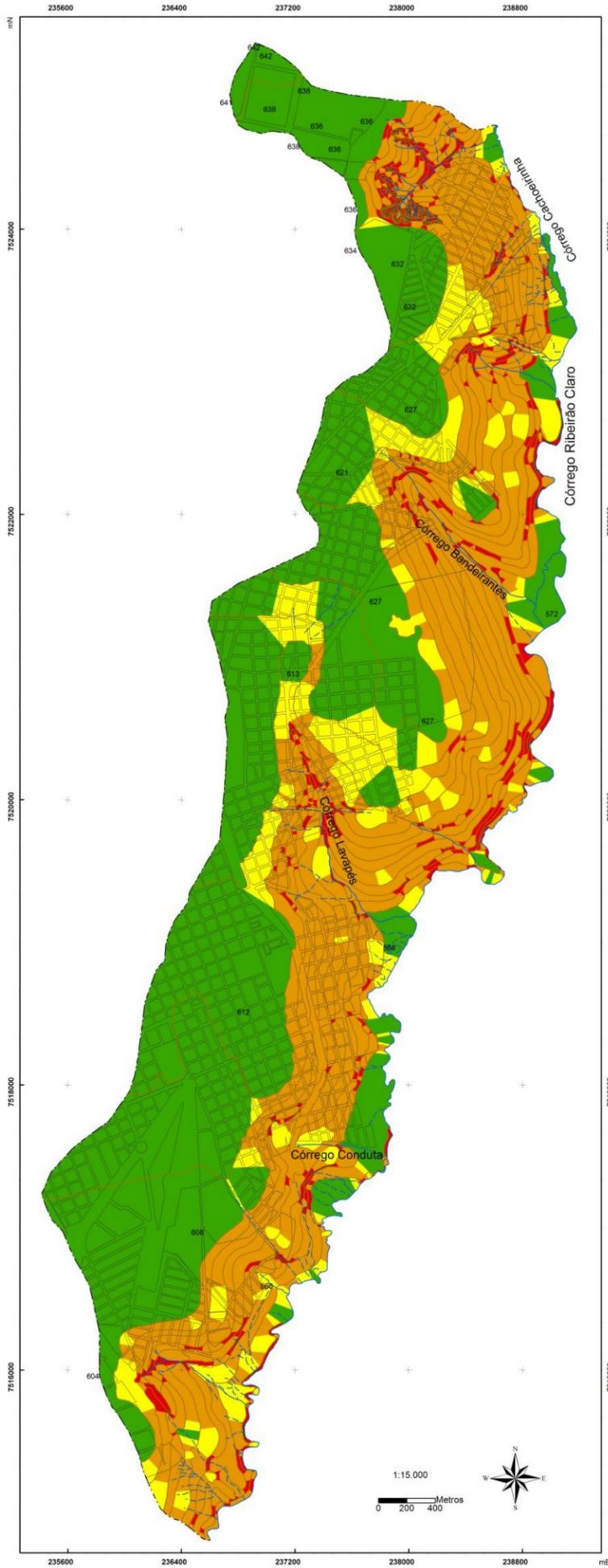
ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Tese (Doutorado Geociências e Meio Ambiente). IGCE. UNESP. Rio Claro, 2000.

ZUQUETTE, L. V; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2004. 190 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA DE DECLIVIDADE DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP)

Carta de Declividade do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP)



LEGENDA

1. Classes de Declividade

- < 2 %
- 2 | 5 %
- 5 | 15 %
- 15 | 30 %
- ≥ 30 %

2. Convenções Cartográficas

- Limite da área de estudo
- Cursos d'água perenes
- Cursos d'água temporários
- Curvas de nível
- Pontos cotados
- Quadras

Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23.
Datum Horizontal: Córrego Alegre/MG.

2015
MESTRADO EM GEOGRAFIA
Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) - subsídios ao planejamento urbano

Elaboração: Ana Cecília Pereira Machado
Orientação: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

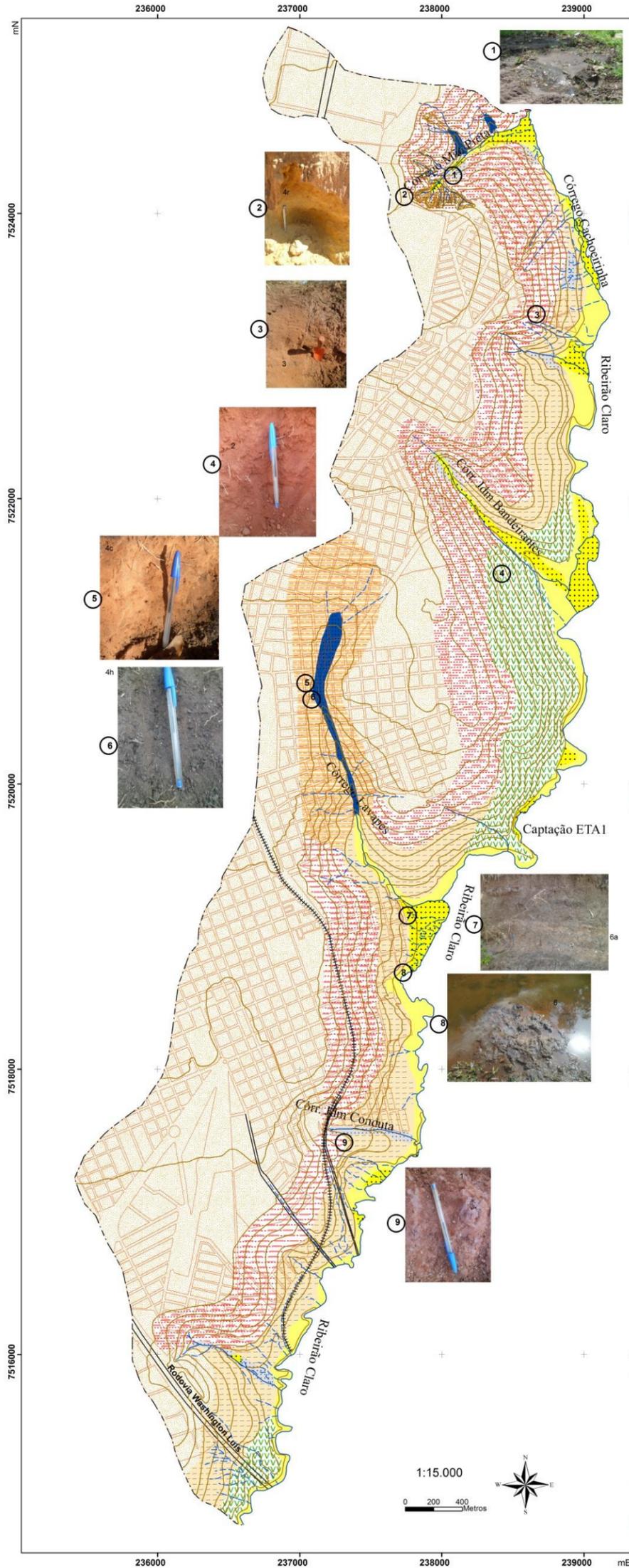
FONTE:

Base Topográfica:
RIO CLARO. **Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro**. Rio Claro. 1984. Atualizada em 2000 e organizada em 2007 por Lucimari A. Franco Garcia Rossetti. Escala: 1:10.000.

Agradecimentos:

APÊNDICE B - CARTA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP)

Carta de Cobertura de Materiais Inconsolidados do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP)



LEGENDA

1. Cobertura de Materiais Inconsolidados

- 1. Material argiloso marrom arroxeado, pouco espesso, (<1,5 metros), podzólico a litólico.
- 2. Material residual coluvionar argiloso, marrom escuro avermelhado (latossolo roxo), podendo apresentar blocos e lajes de diabásio.
- 3. Material coluvionar arenoso, marrom avermelhado laterítico, associado às vertentes de meia encosta.
- 4r. Material residual amarelo - acinzentado e marrom, avermelhado, arenoso, laterítico. Pode apresentar espessura de até 10 metros (verificada em sondagens para fundações). Seu contato com as unidades 3 e 4c é gradacional, isto é, há uma passagem gradativa entre o solo residual do alto da colina ampla e o solo coluvionar dos flancos e dos vales.
- 4c - Material coluvionar amarelo acinzentado, areno-argilosos, descritos informalmente como "saibro". Associados aos vales, cabeceiras e lagoas.
- 4h - Material hidromórfico argiloso, com material orgânico associado, com ocorrência ao longo dos corpos d'água (lagoas, nascentes e córregos).
- 5 - Material arenoso e argiloso, de cores cinza claro a escuro, hidromórfico com material orgânico associado, em alguns pontos níveis turfosos de até 50 cm de espessura. Ocorre em áreas de baixa encosta associado a áreas de nascentes atuais ou representando antigas cabeceiras de drenagens. São áreas bem marcadas nas aerofotos, tato pela sua feição do relevo, como pela tonalidade mais escura (áreas de maior umidade).
- 6 - Material coluvionar/hidromórfico associados às planícies aluvionares de inundação (fundos de vales do Ribeirão Claro e afluentes).
- 6a - Material predominantemente arenoso, constituindo depósitos de assoreamento ocorrendo em formas de leques, em áreas de confluência de drenagens e em corpos alongados paralelos aos cursos d'água.

2. Convenções Cartográficas

- Limite da área de estudo
- Estradas de rodagem
- Via férrea
- Vias urbanas
- Cursos d'água perenes
- Curvas de nível

Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23.
Datum Horizontal: Córrego Alegre/MG.

2015
MESTRADO EM GEOGRAFIA
Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro/SP - subsídios ao planejamento urbano

Elaboração: Ana Cecília Pereira Machado
Orientação: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

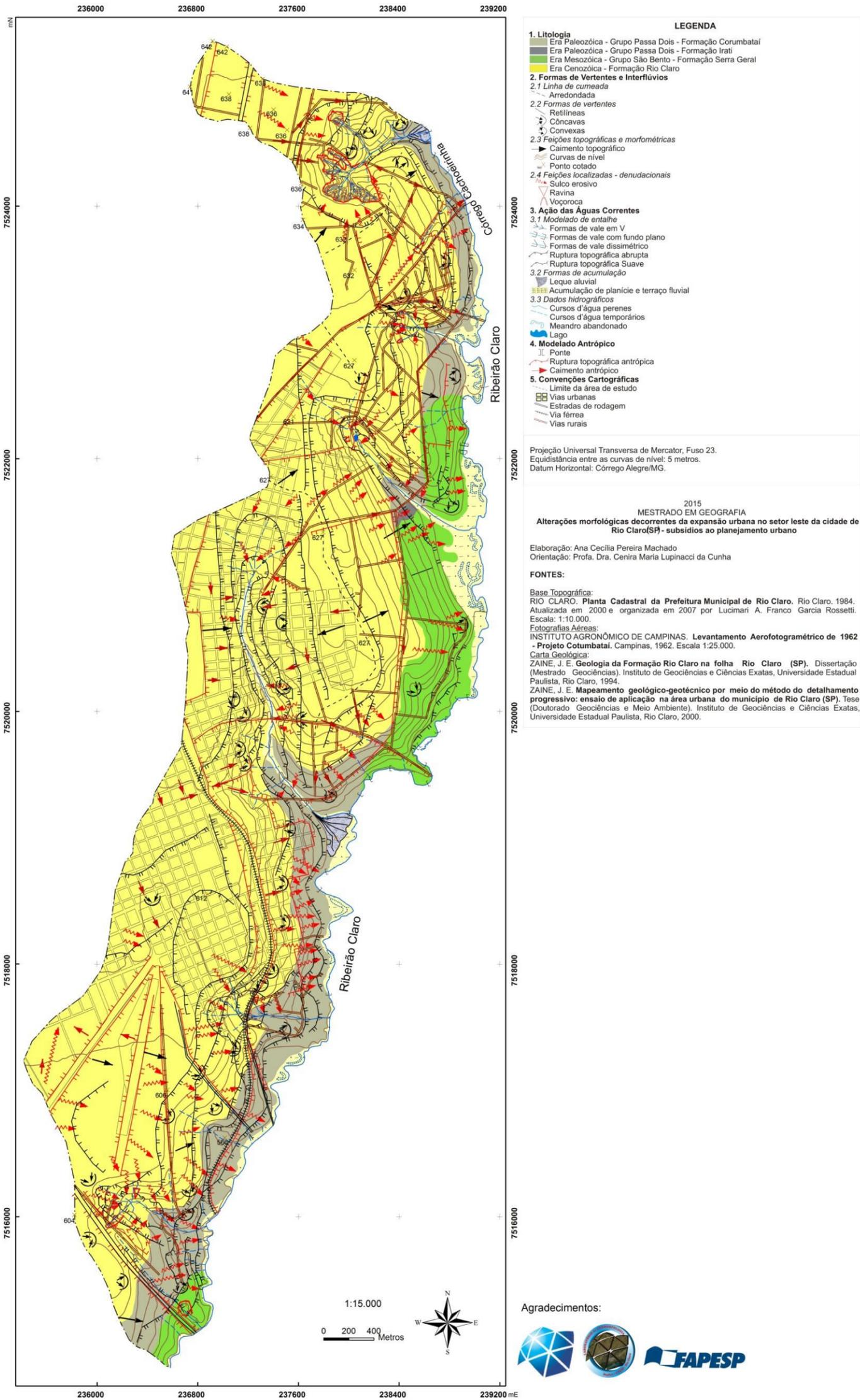
FONTES:

Base Topográfica:
RIO CLARO. Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro, Rio Claro, 1984. Atualizada em 2000 e organizada em 2007 por Lucimari A. Franco Garcia Rossetti. Escala: 1:10.000.
Cobertura de materiais inconsolidados;
ZAINÉ, J. E. Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP). Tese (Doutorado Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

Agradecimentos:

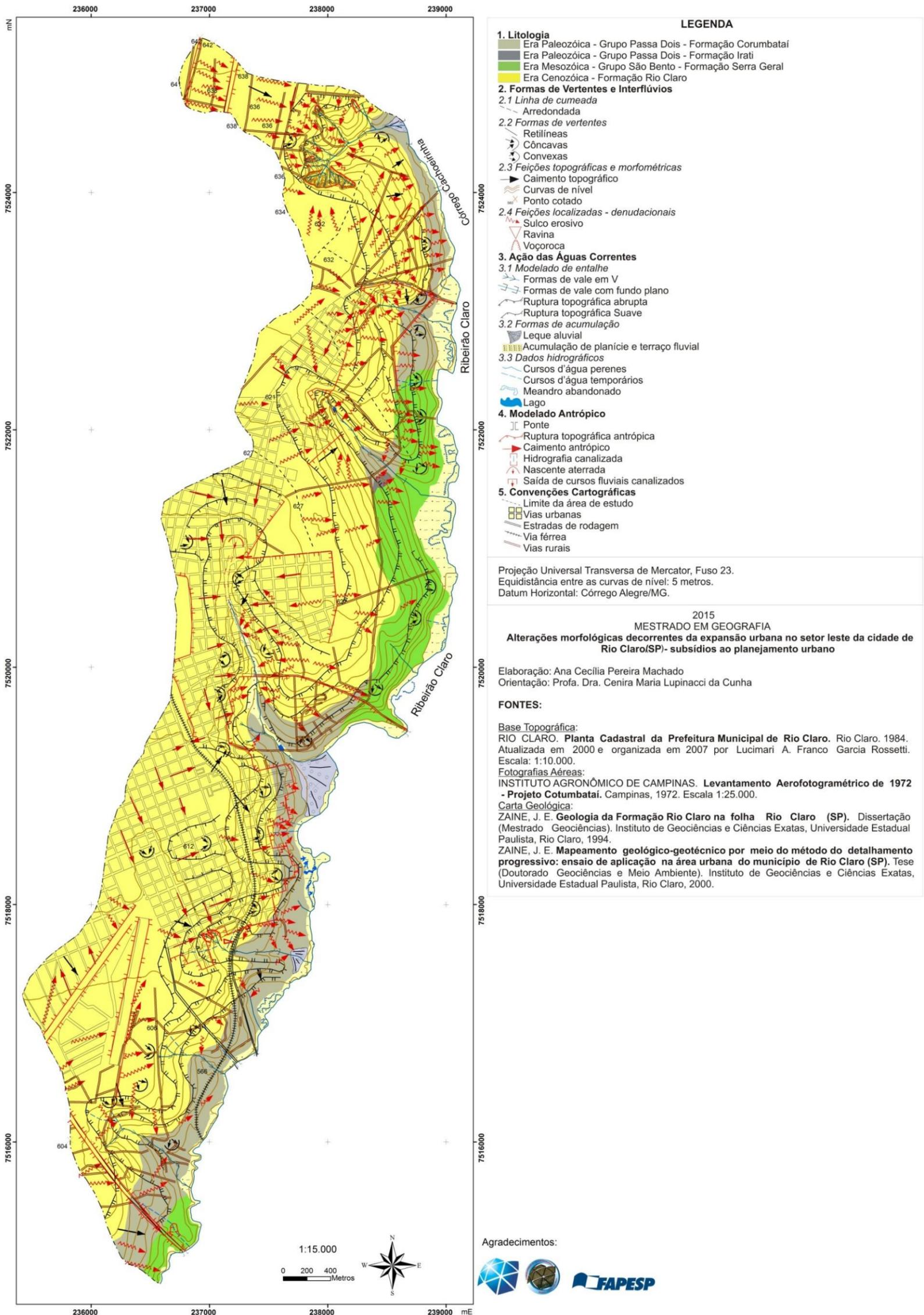
APÊNDICE C – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1962

Carta Geomorfológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1962



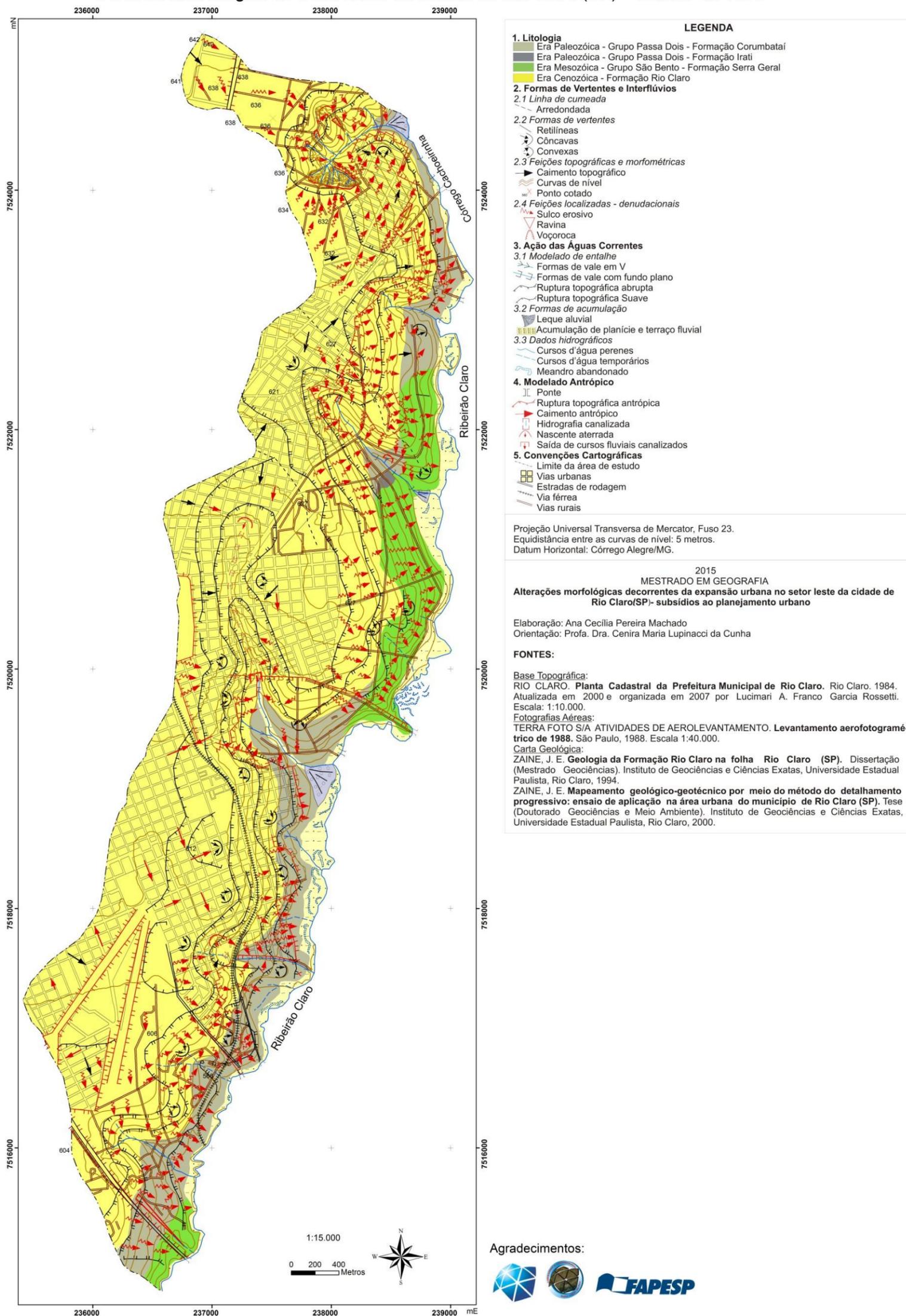
APÊNDICE D – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1972

Carta Geomorfológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1972



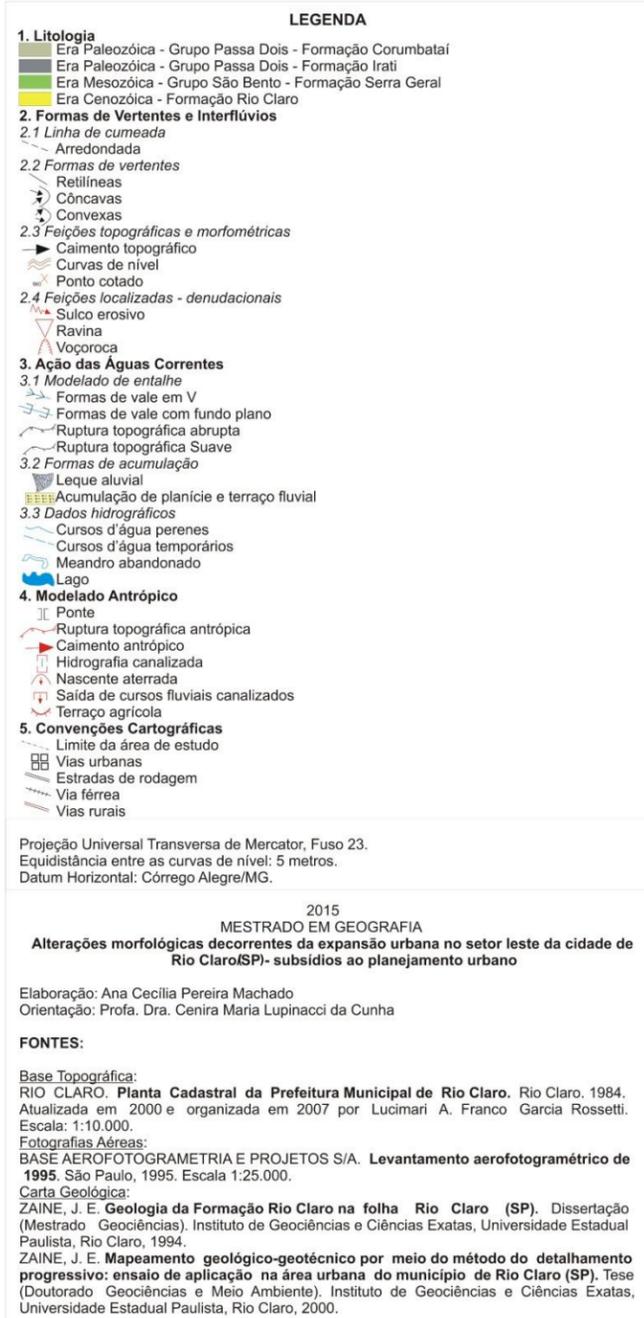
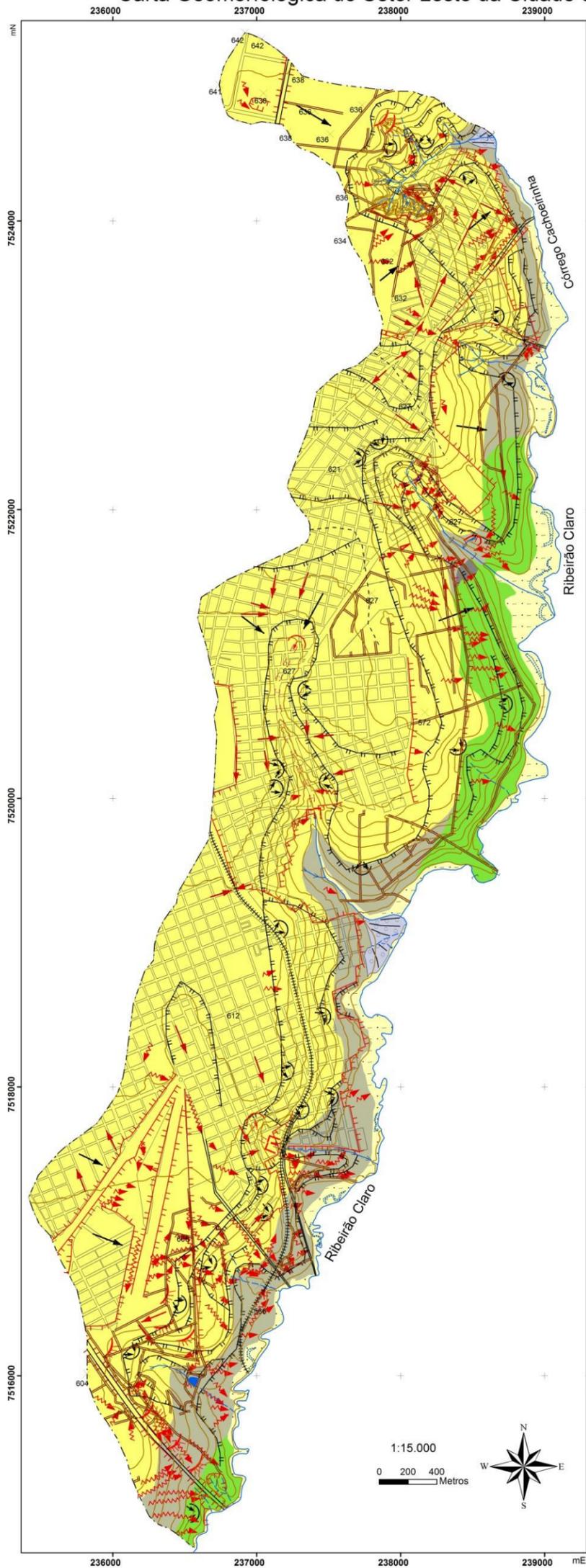
APÊNDICE E – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1988

Carta Geomorfológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1988



APÊNDICE F – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1995

Carta Geomorfológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1995

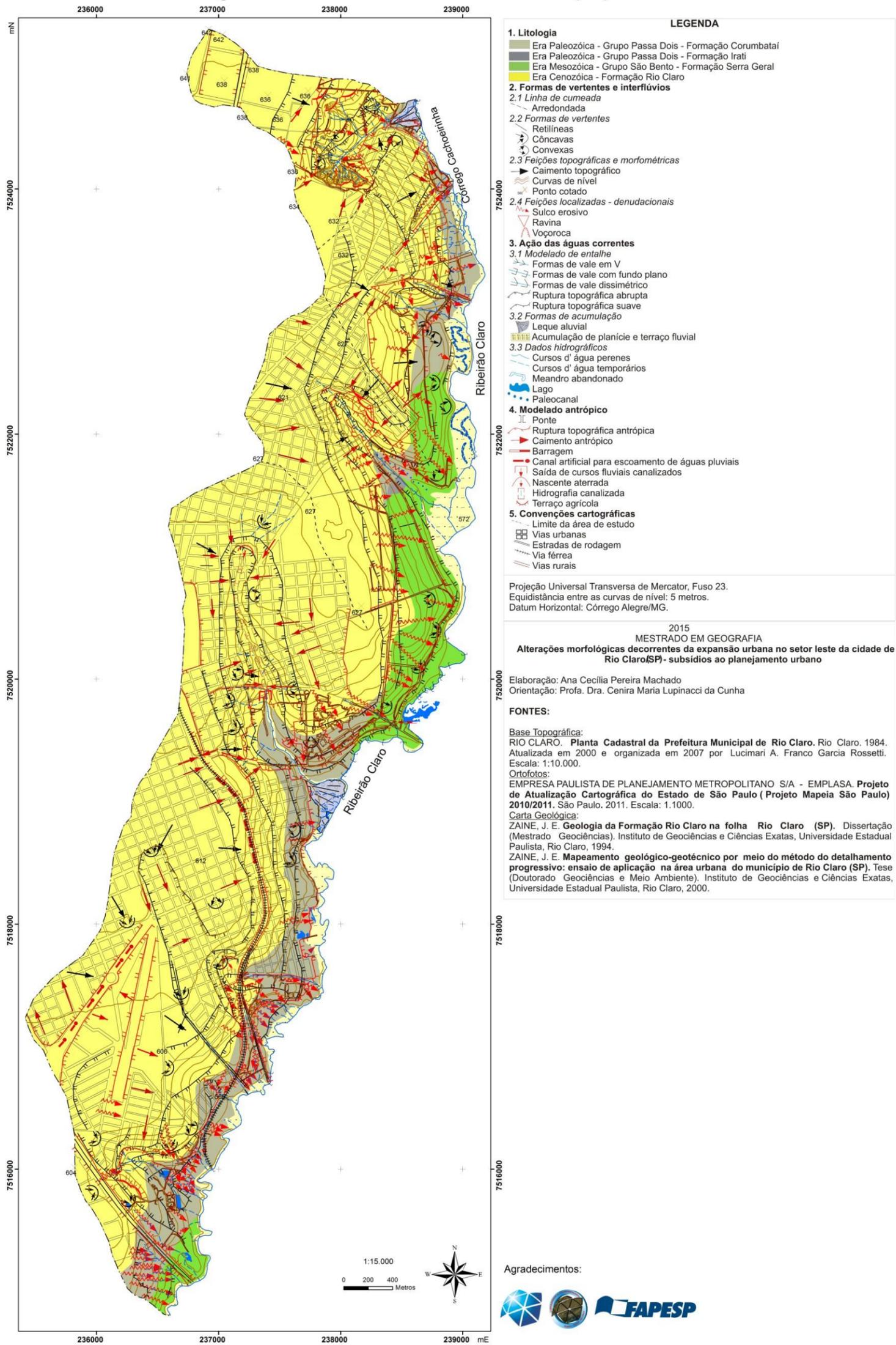


Agradecimentos:



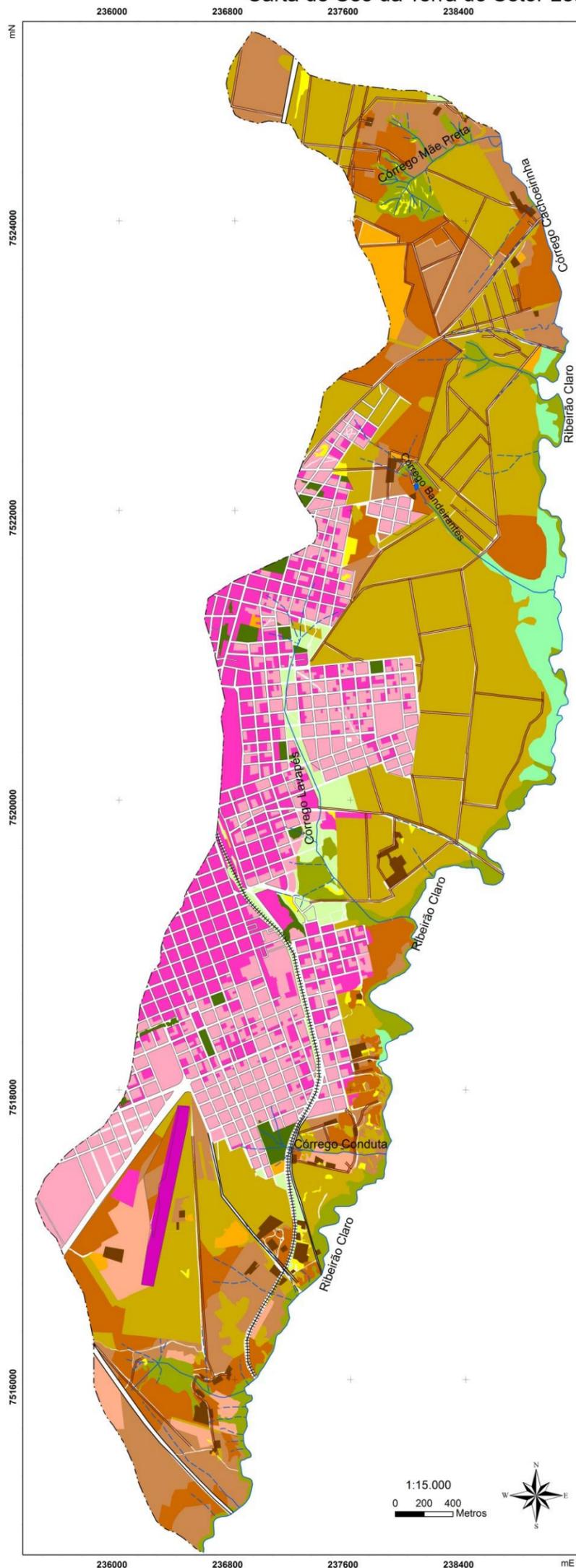
APÊNDICE G – CARTA GEOMORFOLÓGICA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 2010

Carta Geomorfológica do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 2010



APÊNDICE H – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1962

Carta de Uso da Terra do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1962



LEGENDA	
1. Uso da Terra	
	Aeroclube
	Áreas verdes urbanas
	Citrus
	Cobertura herbácea
	Construções em áreas rurais
	Cultura anual
	Lotes edificadas
	Lotes sem edificações
	Mata
	Pasto limpo
	Pasto sujo
	Silvicultura
	Solo exposto
	Vegetação herbácea
2. Convenções Cartográficas	
	Limite da área de estudo
	Estradas de rodagem
	Via férrea
	Vias rurais
	Vias urbanas
	Cursos d'água perenes
	Cursos d'água temporários
	Lagos

Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23.
Datum Horizontal: Córrego Alegre/MG.

2015
MESTRADO EM GEOGRAFIA
Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) - subsídios ao planejamento urbano

Elaboração: Ana Cecília Pereira Machado
Orientação: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

FONTES:

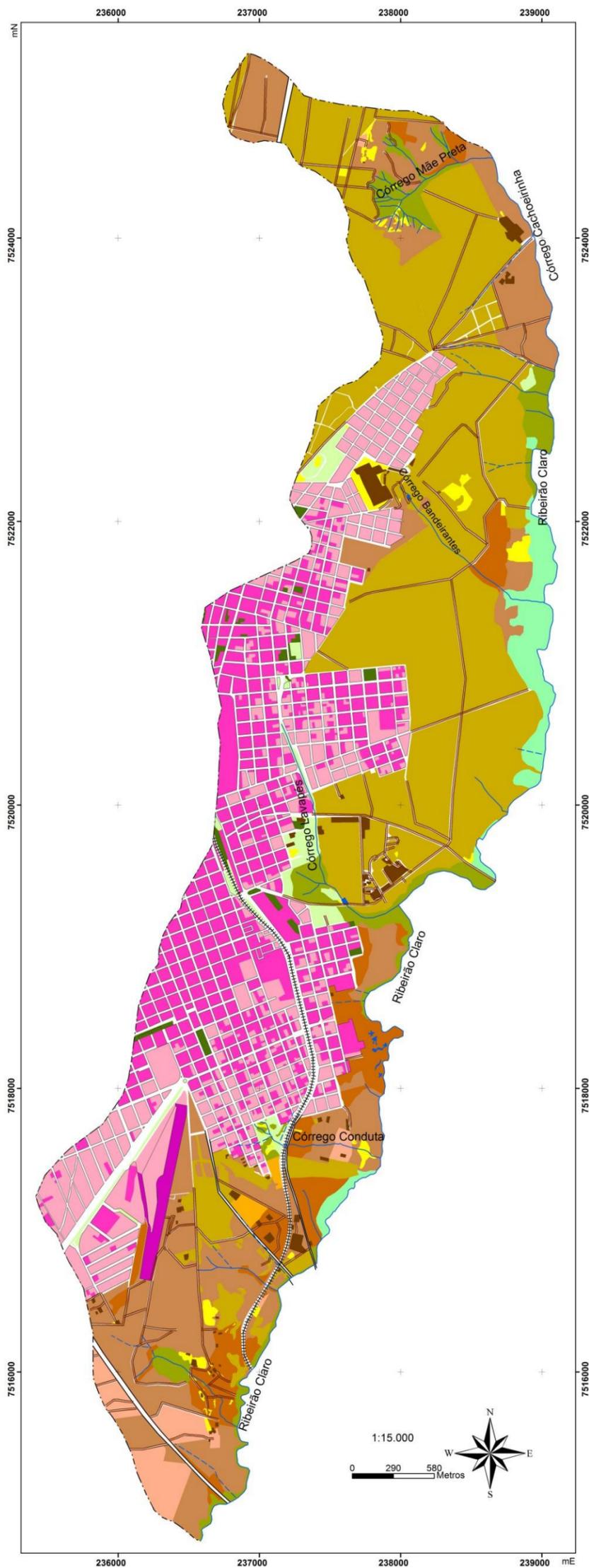
Base Topográfica:
RIO CLARO. **Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro**. Rio Claro. 1984. Atualizada em 2000 e organizada em 2007 por Lucimari A. Franco Garcia Rossetti. Escala: 1:10.000.
Fotografias Aéreas:
INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento Aerofotogramétrico de 1962 - Projeto Cotumbataí**. Campinas, 1962. Escala 1:25.000.
Convenções de Uso da Terra:
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE; Diretoria de Geociências; Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2. ed., 2006, 91 p.

Agradecimentos:



APÊNDICE I – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1972

Carta de Uso da Terra do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1972



LEGENDA

1. Uso da Terra

- Aeroclube
- Áreas verdes urbanas
- Citrus
- Cobertura herbácea
- Construções em áreas rurais
- Cultura anual
- Lotes edificados
- Lotes sem edificações
- Mata
- Pasto limpo
- Pasto sujo
- Silvicultura
- Solo exposto
- Vegetação herbácea

2. Convenções Cartográficas

- Limite da área de estudo
- Estradas de rodagem
- Via férrea
- Vias rurais
- Vias urbanas
- Cursos d'água perenes
- Cursos d'água temporários
- Lagos

Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23.
Datum Horizontal: Córrego Alegre/MG.

2015

MESTRADO EM GEOGRAFIA

Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) - subsídios ao planejamento urbano

Elaboração: Ana Cecília Pereira Machado
Orientação: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

FONTES:

Base Topográfica:

RIO CLARO. **Planta Cadastral da Prefeitura Municipal de Rio Claro**. Rio Claro. 1984. Atualizada em 2000 e organizada em 2007 por Lucimari A. Franco Garcia Rossetti. Escala: 1:10.000.

Fotografias Aéreas:

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento Aerofotogramétrico de 1972 - Projeto Cotumbataí**. Campinas, 1972. Escala 1:25.000.

Convenções de Uso da Terra:

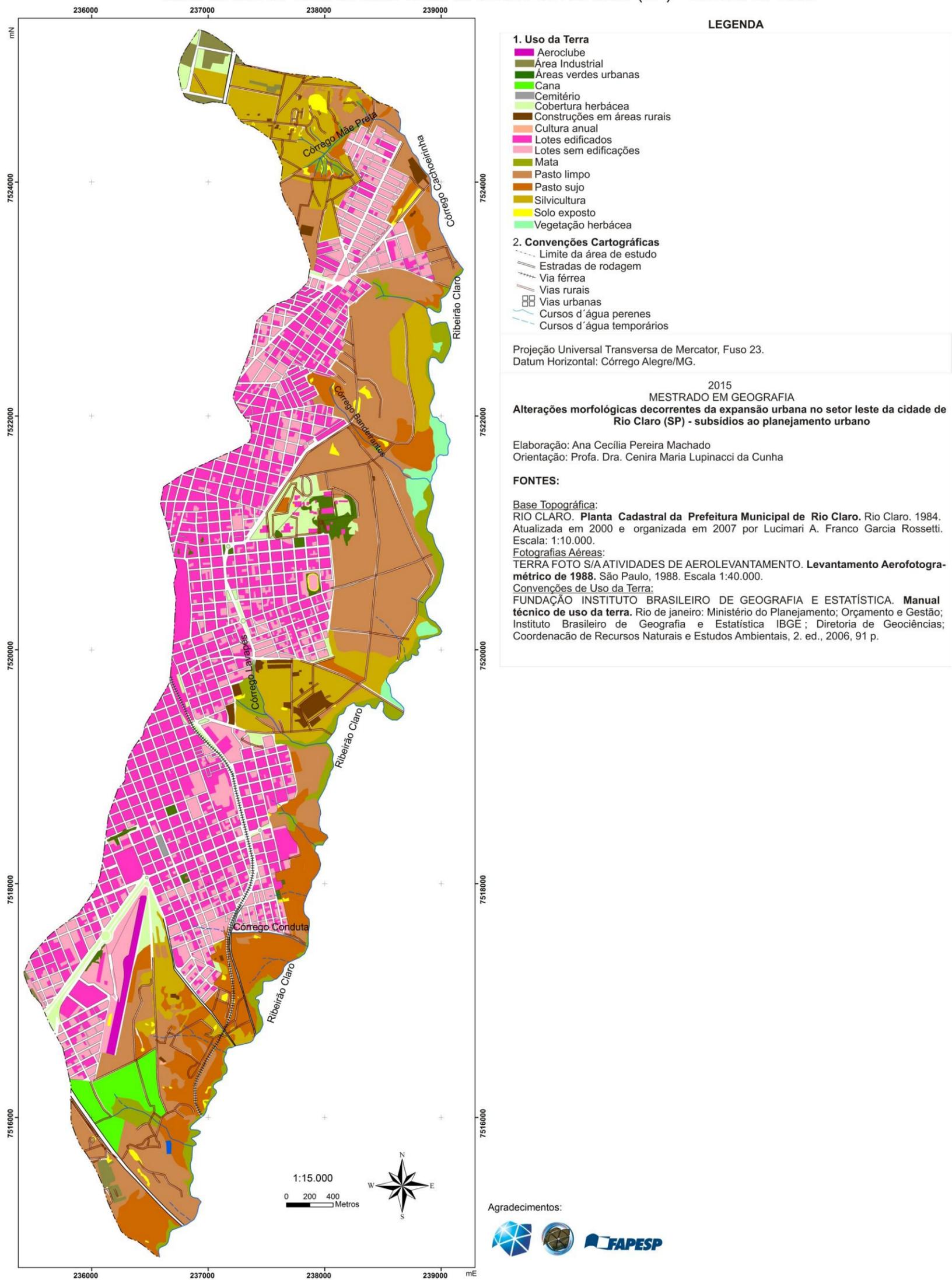
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE; Diretoria de Geociências; Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2. ed., 2006, 91 p.

Agradecimentos:



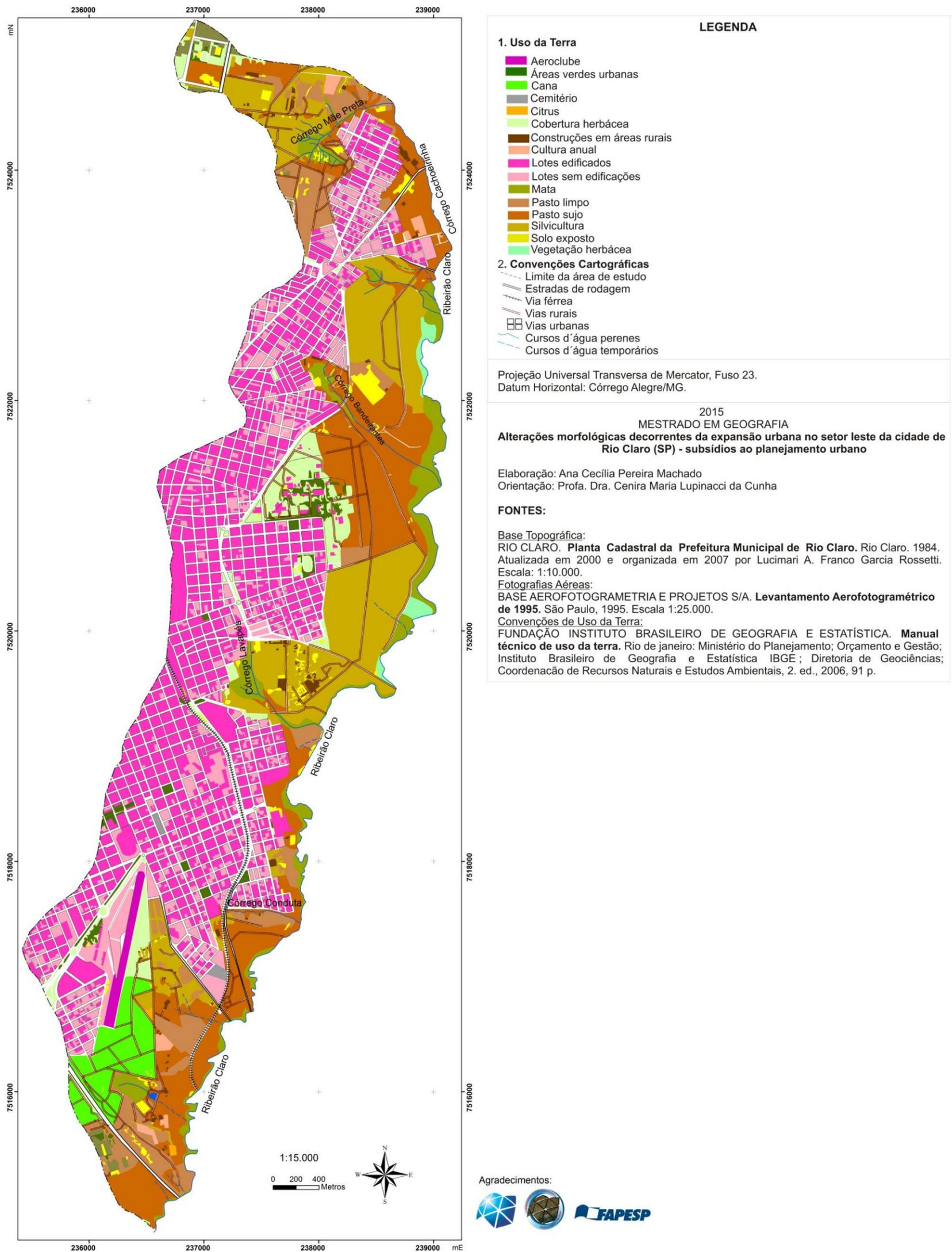
APÊNDICE J – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1988

Carta de Uso da Terra do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1988



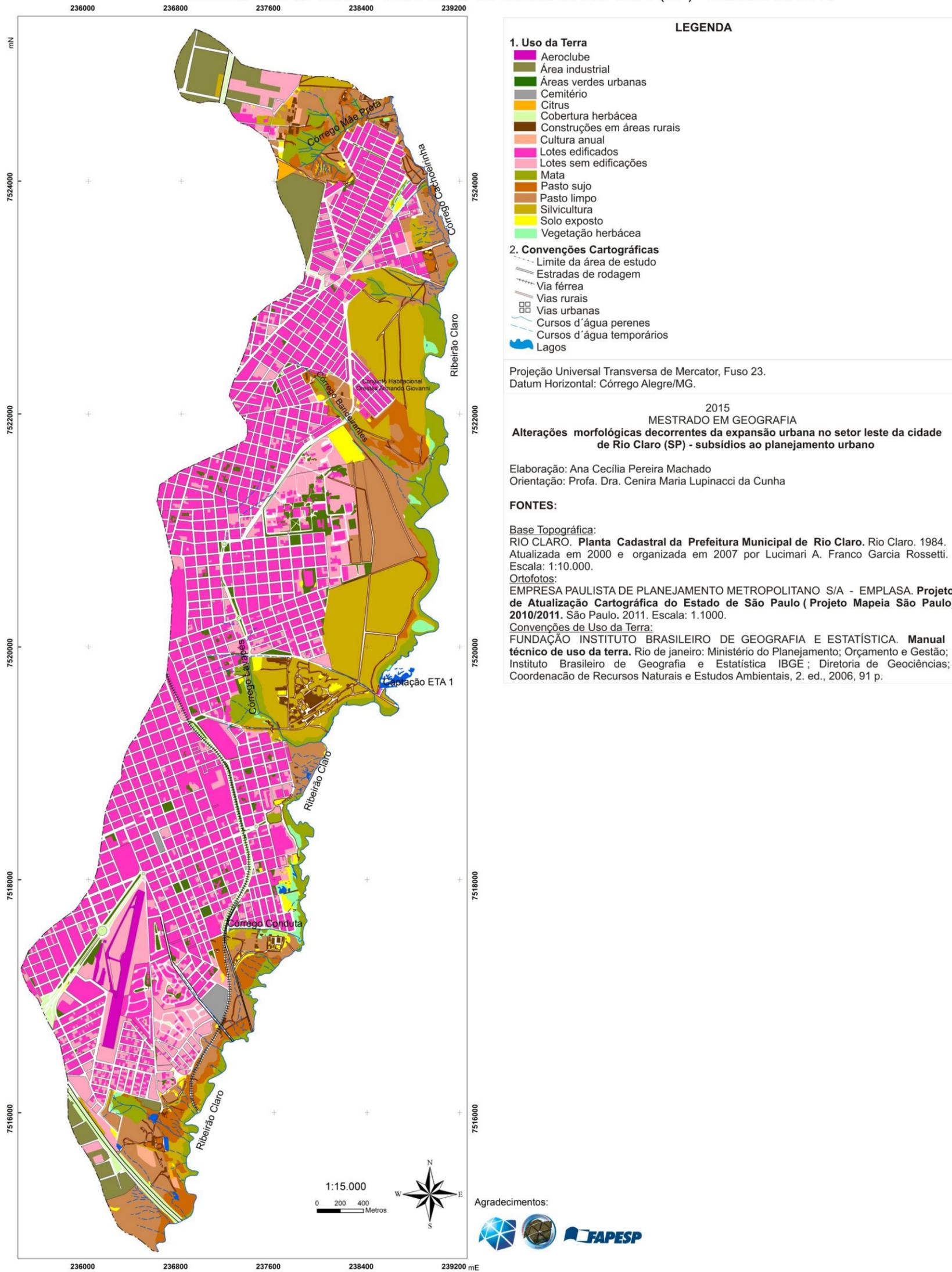
APÊNDICE K – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 1995

Carta de Uso da Terra do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 1995



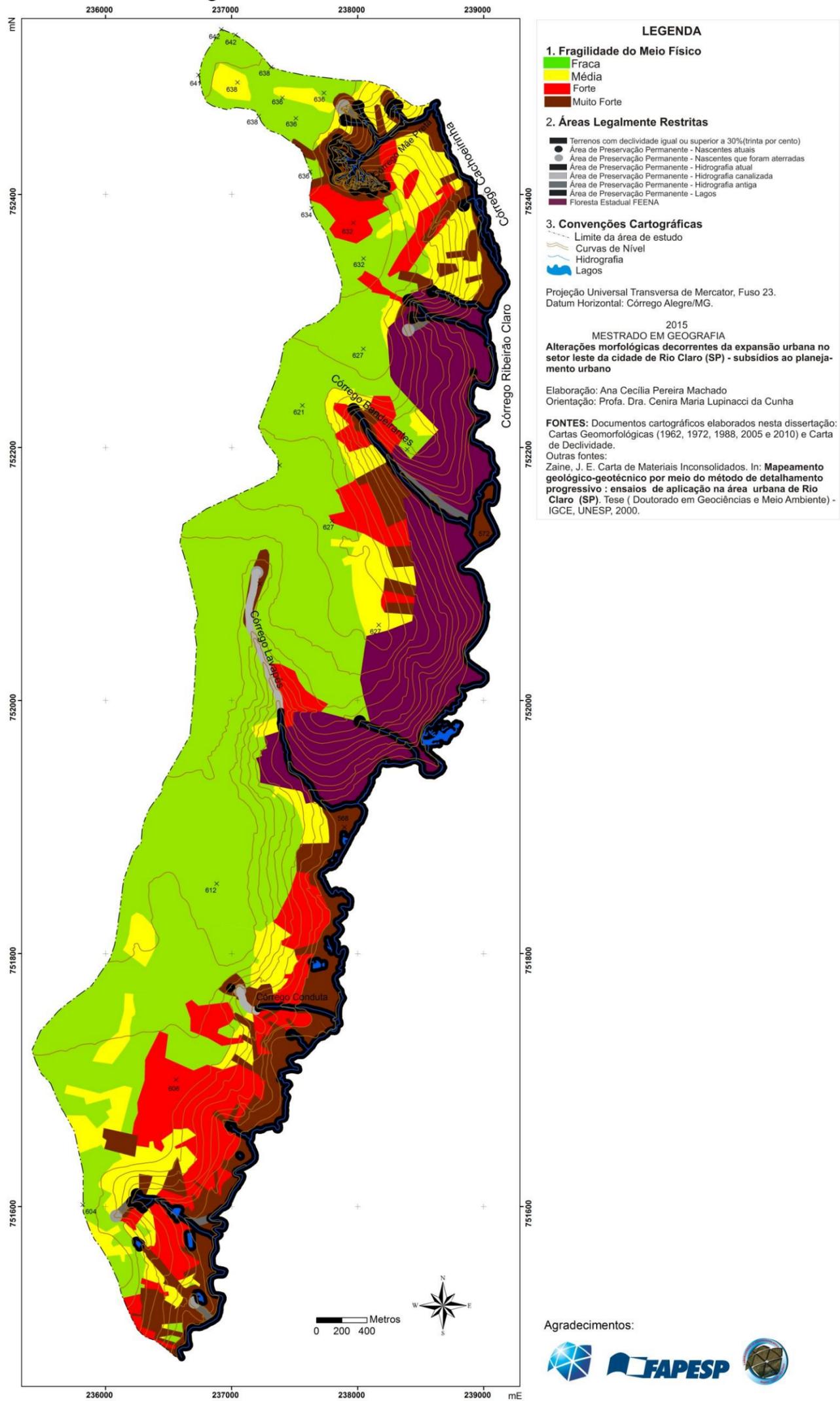
APÊNDICE L – CARTA DE USO DA TERRA DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP) – CENÁRIO DE 2010

Carta de Uso da Terra do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP) - Cenário de 2010



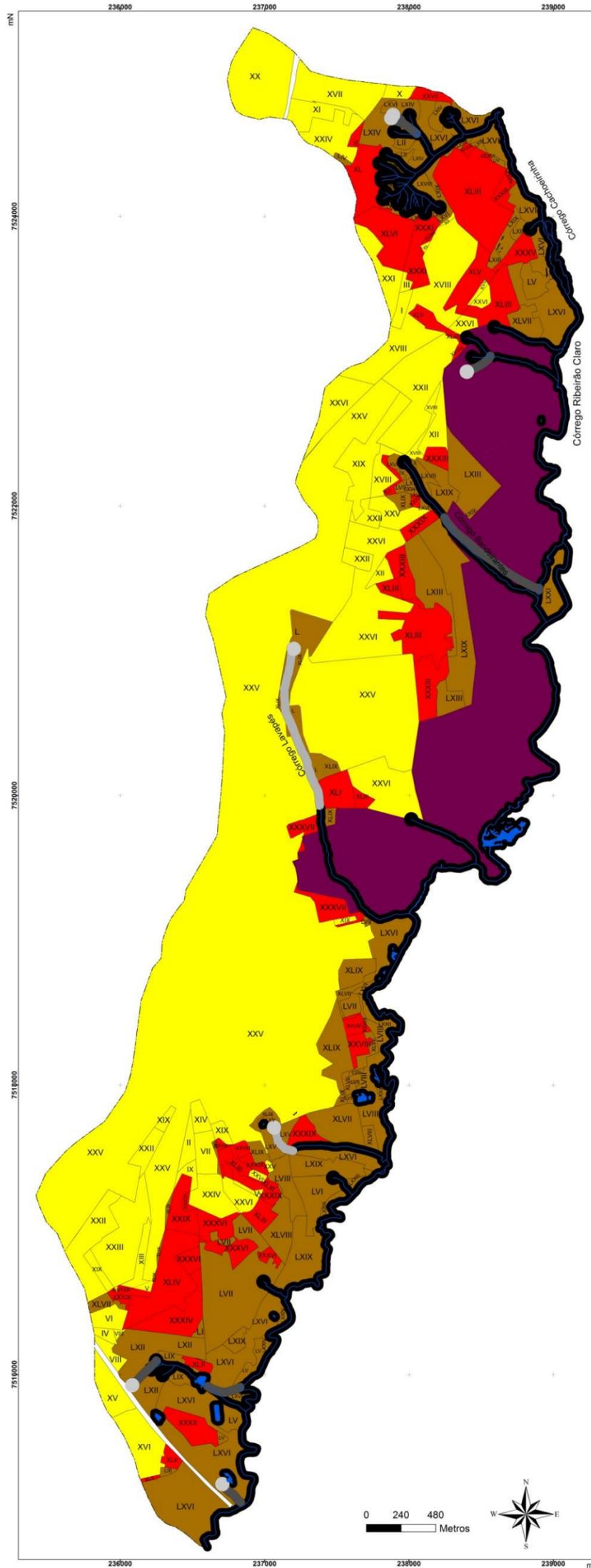
APÊNDICE M – CARTA DE FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO DO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP)

Carta de Fragilidade do Meio Físico do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP)



APÊNDICE N – CARTA DE RESTRIÇÕES DO RELEVO AO USO URBANO NO SETOR LESTE DA CIDADE DE RIO CLARO (SP)

Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano do Setor Leste da Cidade de Rio Claro (SP)



LEGENDA

1. Níveis de restrição do relevo ao uso urbano:

NÍVEIS DE RESTRIÇÃO DO RELEVO AO USO URBANO	CLASSIFICAÇÃO	DINÂMICA DE USO DA TERRA				
		1962	1972	1988	1995	2010
MODERADO	I	citrus	silvicultura	urbano	urbano	urbano
	II	silvicultura	pastagem	col. herbácea	col. herbácea	urbano
	III	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	urbano
	IV	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano
	V	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	urbano
	VI	pastagem	pastagem	urbano	urbano	urbano
	VII	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	urbano
	VIII	pastagem	pastagem	cana	cana	urbano
	IX	silvicultura	pastagem	pastagem	col. herbácea	urbano
	X	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura
	XI	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	industrial
	XII	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	urbano
	XIII	cultura anual	pastagem	urbano	urbano	urbano
	XIV	pastagem	pastagem	cobertura herbácea	urbano	urbano
	XV	cultura anual	cultura anual	pastagem	cana	industrial
	XVI	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial
	XVII	silvicultura	silvicultura	silvicultura	pastagem	industrial
	XVIII	pastagem	silvicultura	urbano	urbano	urbano
	XIX	silvicultura	urbano	urbano	urbano	urbano
	XX	pastagem	pastagem	silvicultura	pastagem	industrial
	XXI	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	industrial
	XXII	pastagem	urbano	urbano	urbano	urbano
	XXIII	cultura anual	urbano	urbano	urbano	urbano
	XXIV	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano
	XXV	urbano	urbano	urbano	urbano	urbano
	XXVI	silvicultura	silvicultura	urbano	urbano	urbano
	XXVII	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura
	XXVIII	silvicultura	urbano	urbano	urbano	urbano
	XXIX	silvicultura	pastagem	pastagem	cobertura herbácea	urbano
	XXX	cultura anual	pastagem	urbano	urbano	urbano
XXXI	pastagem	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	
XXXII	cultura anual	cultura anual	pastagem	pastagem	pastagem	
XXXIII	silvicultura	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	
XXXIV	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano	
XXXV	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	
XXXVI	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano	
XXXVII	cobertura herbácea	cobertura herbácea	urbano	urbano	urbano	
XXXVIII	pastagem	urbano	urbano	urbano	urbano	
XXXIX	silvicultura	pastagem	urbano	urbano	urbano	
XL	pastagem	silvicultura	silvicultura	silvicultura	pastagem	
XLII	cobertura herbácea	silvicultura	urbano	urbano	urbano	
XLIII	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial	
XLIV	silvicultura	silvicultura	urbano	urbano	urbano	
XLV	pastagem	silvicultura	urbano	urbano	urbano	
XLVI	citrus	silvicultura	pastagem	pastagem	industrial	
XLVII	pastagem	pastagem	urbano	urbano	urbano	
XLVIII	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	urbano	
XLIX	urbano	urbano	urbano	urbano	urbano	
L	cobertura herbácea	urbano	urbano	urbano	urbano	
LI	silvicultura	pastagem	cana	cana	urbano	
LII	pastagem	pastagem	silvicultura	silvicultura	mata	
LIII	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	industrial	
LIV	silvicultura	silvicultura	silvicultura	silvicultura	urbano	
LVI	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	
LVII	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	urbano	
LVIII	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	vegetação herbácea	
LIX	mata	mata	mata	mata	mata	
LX	mata	mata	silvicultura	silvicultura	mata	
LXI	pastagem	pastagem	silvicultura	pastagem	pastagem	
LXII	pastagem	pastagem	cana	cana	urbano	
LXIII	silvicultura	silvicultura	pastagem	pastagem	urbano	
LXIV	pastagem	pastagem	silvicultura	silvicultura	pastagem	
LXV	mata	herbácea	urbano	urbano	urbano	
LXVI	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	
LXVII	mata	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	
LXVIII	mata	mata	pastagem	pastagem	pastagem	
LXIX	silvicultura	silvicultura	pastagem	pastagem	pastagem	
LXX	mata	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	
LXXI	vegetação herbácea	vegetação herbácea	mata	mata	mata	
LXXII	silvicultura	pastagem	pastagem	mata	mata	
LXXIII	mata	vegetação herbácea	pastagem	pastagem	pastagem	
LXXIV	pastagem	pastagem	pastagem	pastagem	mata	

2. Áreas restritas conforme a legislação
- Terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento)
 - Área de Preservação Permanente - Nascentes atuais
 - Área de Preservação Permanente - Nascentes que foram aterradas
 - Área de Preservação Permanente - Hidrografia atual
 - Área de Preservação Permanente - Hidrografia canalizada
 - Área de Preservação Permanente - Hidrografia antiga
 - Área de Preservação Permanente - Lagos
 - Floresta Estadual FEENA

3. Convenções Cartográficas

- Limite da área de estudo
- Hidrografia
- Lagos

Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 23.
 Equidistância entre as curvas de nível: 5 metros.
 Datum Horizontal: Córrego Alegre/MG.

2015
 Mestrado em Geografia
Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor leste da cidade de Rio Claro (SP) - subsídios ao planejamento urbano

Elaboração: Ana Cecília Pereira Machado
 Orientação: Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

FONTES: Documentos cartográficos elaborados durante a dissertação: Carta de Fragilidade do Meio Físico; Cartas de Uso da Terra (1962, 1972, 1988, 2005, 2010)

