



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA



EDUARDO LUIZ MORARI

**GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA E CARTOGRAFIA
GEOMORFOLÓGICA EM UMA ÁREA URBANA DE DIADEMA, SP**

SÃO PAULO
2023

EDUARDO LUIZ MORARI

Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema, SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção de título de Mestre em Geografia Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nadal
Junqueira Vilella

São Paulo
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

M843g Morari, Eduardo Luiz
Geomorfologia antropogênica e cartografia
geomorfológica em uma área urbana do município de
Diadema, SP / Eduardo Luiz Morari; orientador
Fernando Villela - São Paulo, 2023.
84 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo. Departamento de Geografia. Área de
concentração: Geografia Física.

1. Geomorfologia. 2. Antropogeomorfologia. 3.
Cartografia. 4. Urbanização. I. Villela, Fernando,
orient. II. Título.

Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema, SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovada em:

Banca examinadora:

Prof.Dr(a): _____ **Instituição:** _____

Prof.Dr(a): _____ **Instituição:** _____

Prof.Dr(a): _____ **Instituição:** _____

**São Paulo
2023**

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Aos meus pais pelo apoio e incentivo.

À minha companheira Andressa e às minhas filhas Cecília e Teodora, pela compreensão, paciência, carinho e apoio.

Ao meu orientador professor dr. Fernando Nadal Junqueira Villela pela confiança, paciência e pelo aprendizado.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP).

Ao DAEE, na pessoa do Eng^o Armando Tobias de Aguiar pelos documentos técnicos e cartográficos fornecidos.

À EMPLASA e ao IGC pelas cartas topográficas disponibilizadas.

À Casa da Memória de Diadema e ao Departamento de Cartografia da Prefeitura Municipal de Diadema pelos materiais fotográficos, documentais e cartográficos disponibilizados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Meus agradecimentos.

RESUMO

MORARI, Eduardo Luiz. **Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema, SP.** [84 pgs.] Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2023.

O presente estudo tem como objetivo investigar e mapear antropogeomorfologicamente uma área urbana de Diadema, SP. O município, inserido na mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo, que até meados da década de 1950 apresentou características rurais de uso e ocupação do solo, sofreu uma rápida transformação para as atividades urbanas e industriais a partir de 1960. Importantes modificações antropogênicas no modelado, como corte e aterro, retificações e tamponamento da drenagem, escavações na planície fluvial para reservatórios de contenção de cheias, instalações industriais, arruamento e outras obras de construção civil que resultaram em importantes modificações da topografia, dos materiais superficiais e dos processos vigentes. Essas características foram valorizadas na seleção da área de estudo. A partir de uma quadrícula de 700 m², mapeada na escala de 1:5.000, a área abrange uma faixa de interflúvio em morros cristalinos do Planalto Paulistano e as planícies do Córrego da Capela e do Córrego Floriano, ambos inseridos na Bacia do Rio Tamanduateí. Amparado na abordagem histórica em geomorfologia antropogênica e no uso de Modelos Digitais de Elevação identificou-se as principais mudanças nas formas, materiais e processos e os valores estimados do volume de material mobilizado nos sistemas entre 1960 e 2002. Estes resultados e auxílio da abordagem taxonômica possibilitaram a elaboração do Mapa da Geomorfologia Original, Mapa da Geomorfologia Urbana Consolidada e o Mapa da Sobreposição das Morfologias Originais e Antropogênicas.

Palavras-chave: antropogeomorfologia, geomorfologia pré-urbana e consolidada, volume de material mobilizado.

ABSTRACT

MORARI, Eduardo Luiz. **Anthropogenic geomorphology and geomorphological cartography in an urban area in the municipality of Diadema, SP.** [84 pgs.]. Dissertation Master's Degree - Department of Geography of College of Philosophy, Languages and Literature, and Human Sciences of University of São Paulo. São Paulo, 2023.

The present study aims to investigate and anthropogeomorphologically map an urban area of Diadema, SP. The municipality, inserted in the urban sprawl of the Metropolitan Region of São Paulo, which until the mid-1950s had rural characteristics of land use and occupation, underwent a rapid transformation towards urban and industrial activities from 1960 onwards. modeled, such as cutting and filling, rectification and plugging of the drainage, excavations in the river dam for flood containment reservoirs, industrial installations, street layout and other civil construction works that resulted in important changes in the topography, surface materials and current processes. These characteristics were valued in the selection of the study area. From a grid of 700 m², mapped at a scale of 1:5,000, the area encompasses an interfluvial strip in crystalline hills of Planalto Paulistano and the pools of Córrego da Capela and Córrego Floriano, both inserted in the Tamanduateí River Basin. Supported by the historical approach in anthropogenic geomorphology and the use of Digital Elevation Models, the main changes in forms, materials and processes and the estimated values of the volume of material mobilized in the systems between 1960 and 2002 were agreed. These results and the aid of the taxonomic approach enabled the elaboration of the Map of the Original Geomorphology, Map of the Consolidated Urban Geomorphology and the Map of the Overlapping of the Original and Anthropogenic Morphologies.

Keywords: anthropogeomorphology, pre-urban and consolidated geomorphology, volume of mobilized material.

LISTA DE SIGLAS

CEPAGRI/UNICAMP – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - Universidade Estadual de Campinas.

CMD – Centro de Memória de Diadema

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

DMDE – Diferenciação de modelos digitais de elevação

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

IF – Instituto Florestal

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MDE – Modelo Digital de Elevação

PMD – Prefeitura Municipal de Diadema

SIG – Sistema de informações geográficas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização e enquadramento da área de Estudo:

Figura 2: Reservatório de contenção de cheias Piscinão Ecovias/Imigrantes.

Figura 3: Trecho da Rodovia dos Imigrantes na área de estudo onde o interflúvio foi rebaixado por escavações.

Figura 4: Formas antropogênicas: a) formas negativas, b) formas positivas, c) formas negativas e positivas resultantes de corte a aterro.

Figura 5: Formas de acumulação, de remoção e formas preenchidas.

Figura 6: Exemplos de modificações antropogênicas.

Figura 7: Representação das unidades taxonômicas proposta por Ross (1992).

Figura 8: Fontes históricas e cartográficas coletadas

Figura 9: Figura ilustrativa representando a aquisição de uma DMDE ou um mapa das modificações conforme Willians (2013).

Figura 10: Fluxograma representando as etapas e os procedimentos para a obtenção do mapa das modificações com referências às fontes cartográficas coletadas para o presente estudo.

Figura 11: Representação e adequação das formas e processos antropogênicos para a abordagem taxonômica segundo Ross (1992).

Figura 12: Mapa da Geologia do município de Diadema, com localização da área de estudo. Fonte: CPRM (2013).

Figura 13: Formas de Relevo no município de Diadema-SP, com destaque para a localização área de estudo.

Figura 14: Aspecto do uso e ocupação do solo de características rurais na planície do Córrego da Capela na década de 1950. Ao fundo interflúvio correspondente à área de estudo.

Figura 15: Aspecto das modificações do uso do solo de características rurais para urbano industrial ocorridas na área de estudo, interflúvio e planície do Córrego da Capela, na década de 1960.

Figura 16: Evolução da mancha urbana da região metropolitana de São Paulo com destaque para a região da área de estudo (ponto vermelho), onde o processo de urbanização chegou a partir de 1960.

Figura 17: Aspecto atual da urbanização de Diadema na bacia hidrográfica do Córrego da Capela.

Figura 18: Mosaico de fotografias históricas representativas do período rural do futuro município de Diadema.

Figura 19: Intervenções antrópicas pré urbanas ou rurais, caracterizadas pela interpretação de fotografia aérea datada de 1953.

Figura 20: Mapa hipsométrico da área de estudo representativo do período pré urbano, com perfis topográficos onde se demonstra a predominância de transições suaves de declividades e convexidade dos topos.

Figura 21: Olaria em 1946. Localizada na atual Avenida Dona Ruyce Ferraz Alvin, Planície do Córrego Floriano.

Figura 22: Geomorfologia pré urbana ou original da área de estudo.

Figura 23: Mosaico de fotografias relativas ao período de urbanização ativa:

Figura 24: Fotografias relativas as intervenções nos córregos

Figura 25: Evolução da hipsometria da área de estudo.

Figura 26: Intervenção na planície do córrego da capela para construção do piscinão

Figura 27: Mosaico de fotografias do período de urbanização consolidada

Figura 28: Comparação através de modelos digitais de elevação e perfis topográficos relativos aos períodos pré e pós urbanização.

Figura 29: Cobertura vegetal sobre patamar antropogênico.

Figura 30: Exemplo de escoamento superficial concentrado intencional sobre caminho de drenagem artificial construído sobre o patamar de aterro relacionado a Rodovia dos Imigrantes.

Figura 31: Fundo do piscinão com material assoreado coberto por vegetação.

Figura 32: a) Rompimento do talude em 2017 (DAEE 2017); b) Obra de engenharia para recuperação do talude concluída.

Figura 33: Mapa da diferença topográfica.

Figura 34: Mapa da Geomorfologia Antropogênica Urbana Consolidada.

Figura 35: Mapa com a sobreposição das morfologias originais e antropogênicas.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores estimados da área afetada e do volume de material mobilizado em relação às categorias de formas antropogênicas

Sumário

1. Introdução	1
2. Justificativas e escolha da área de estudo	4
3. Objetivos gerais e específicos	7
4. Referencial teórico metodológico	8
4.1 Geomorfologia e ação humana	8
4.2 Classificações e tipos de formas antropogênicas	9
4. Urbanização	12
4.4 Cartografia geomorfológica e ação antrópica	15
5. Procedimentos	19
5.1. Primeira etapa	20
5.2. Segunda etapa	22
5.3 Terceira etapa	25
6. Caracterização da Área de Estudo	27
6.1 Geologia e geomorfologia	27
6.2 Climatologia e cobertura vegetação	30
6.3 Histórico do Uso e ocupação do solo	31
7. Resultados	36
7.1 Geomorfologia antropogênica pré urbana (até 1960)	36
7.2 Cartografia geomorfológica do Período pré-urbano	42
7.3 Geomorfologia antropogênica - fase de urbanização ativa (1961 - 2002) ..	44
7.4 Período de urbanização consolidada (2002 - atual)	50
7.5 Mapas geomorfológicos a partir da urbanização consolidada	58
8. Conclusões	63
9. Referências Bibliográficas	66

1. Introdução

As diferentes formas do modelado do relevo da superfície terrestre resultam da interação entre os processos endógenos e exógenos. Os processos endógenos estão relacionados à dinâmica da crosta terrestre, e são responsáveis por grandes feições de relevo como as cordilheiras, bacias sedimentares e blocos continentais. Os processos exógenos são responsáveis pela esculturação ou denudação do relevo, estes atuam através do intemperismo e da erosão, e são originários das atividades atmosféricas, biológicas e humanas (MARQUES, 1995; ROSS, 1990, SUMMERFIELD, 1991).

A antropogeomorfologia, termo inicialmente proposto por Golomb e Eder (1964), é o estudo da participação humana na criação de novas formas no relevo e na modificação dos processos geomorfológicos. (GOUDIE; VILES, 2016; SZABO et al., 2010). Esta ação geomorfológica antrópica pode ocorrer de forma direta ou indireta, resultando em alterações topográficas negativas ou positivas (BROWN 1970; DOUGLAS, 1983)

Nir (1983), utilizando o conceito de “*steady state*” geomorfológico, isto é, a estabilidade dos processos geomorfológicos ativos, argumenta que o homem pode intervir neste “*steady state*” pela capacidade de *agir contra a gravidade*, pela *concentração de atividade em pequenas áreas*, ao *acelerar ou desacelerar processos naturais* e ao *modificar ou destruir ecossistemas*. A intensidade dessa intervenção estaria relacionada ao período histórico e tipo de sociedade envolvida e depende dos aspectos demográficos, econômicos e culturais. Em termos metodológicos, segundo o autor, é necessário que se considere o estudo de “antes” e “depois” da intervenção antrópica, sendo a abordagem histórica de particular importância nas pesquisas da geomorfologia antropogênica.

Toy e Hadley (1997), recomendam a divisão dos estudos da intervenção antropogênica em pelo menos três estágios: *pré-perturbação*, *perturbação ativa* e *pós perturbação*. Rodrigues (1999) aponta como um dos princípios basilares da antropogeomorfologia o estudo da história acumulativa das intervenções humanas, reafirmando a importância de se considerar, inicialmente, o estágio de pré-perturbação.

As áreas urbanas são de grande importância para a antropogeomorfologia, pois é onde as pessoas vivem e concentram suas atividades (LI et al., 2010). Rodrigues (2004, 2005) desenvolve um suporte metodológico na investigação destas intervenções antropogênicas na investigação na urbanização da metrópole de São Paulo valorizando a abordagem retrospectiva. Esses estudos demonstram que a atividade humana na metrópole de São Paulo alcança níveis que se sobrepõem a alguns processos geomorfológicos naturais (BATISTA, 2002; GOUVEIA, 2010; SILVA, 2005; LUZ, 2014; RODRIGUES et al., 2019; VENEZIANI, 2014).

O município de Diadema, inserido na atual mancha urbana da região metropolitana de São Paulo, sofreu uma intensa transformação das características rurais do uso e ocupação do solo até 1950, para uma intensa urbanização a partir da década de 1960. Visando compreender esta transformação antropogeomorfologicamente, o presente estudo emoldura uma faixa de interflúvio, na região central do referido município, onde se concentram importantes modificações topográficas, mobilização dos materiais superficiais e modificação dos processos vigentes. A partir da abordagem histórica e do uso de novas tecnologias cartográficas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram investigadas as fases de *perturbação pré-urbana*, de *urbanização ativa* e de *urbanização consolidada*, quantificando o material mobilizado pelas *intervenções antrópicas diretas*. Essa

análise e quantificação possibilitaram, com auxílio da abordagem taxonômica do relevo, a geração de produtos cartográficos da *Geomorfologia Pré-urbana*, da *Geomorfologia Urbana Consolidada* e da sobreposição das *Morfologias Originais e Antropogênicas*.

2. Justificativas e escolha da área de estudo

O processo de urbanização iniciado a partir de 1960 no município de Diadema-SP e as conseqüentes intervenções antropogênicas no modelado apresentam características bastante distintas dos inícios da urbanização da região central da metrópole paulista, em especial devido ao diferente contexto histórico econômico relacionado à industrialização do ABCD Paulista, diferenças que também abrangem os aspectos naturais e técnicos quanto às intervenções humanas. Neste estudo, essas características foram valorizadas na seleção da área de estudo.

A área de estudo (Figura 1) está situada na região central do município e abrange uma faixa de interflúvio em morros cristalinos do Planalto Paulistano – Alto Tietê, entre as planícies fluviais do Ribeirão Capela e do Córrego Floriano, ambos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí.

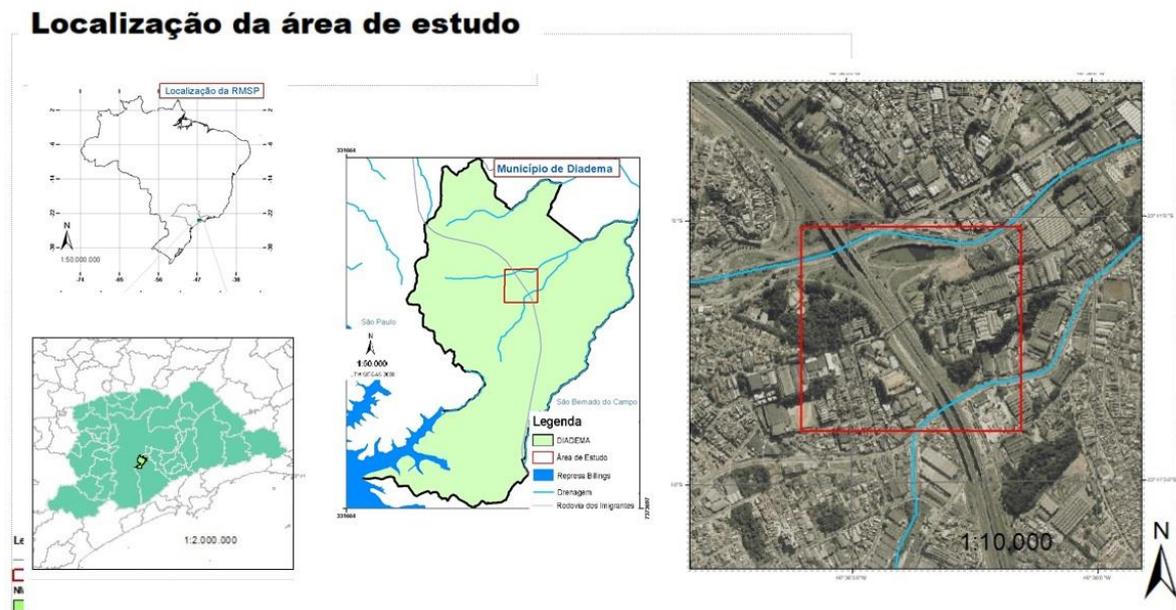


Figura 1: Localização e enquadramento da área de Estudo. **Elaboração:** Eduardo Morari. (2023)

A área selecionada, além de ser eixo de grande movimentação de pessoas, emoldura importantes modificações antropogênicas no modelado como cortes de talude e aterros, além de retificações e tamponamento da drenagem e escavações na planície fluvial para reservatórios de contenção de cheias, assim como instalações industriais, arruamento e outras obras de construção civis que resultam em importantes modificações na topografia, na mobilização dos materiais superficiais e nos processos vigentes (Figuras 2 e 3). Para o entendimento geomorfológico destas intervenções humanas no modelado de relevo, este enquadramento oferece diferentes possibilidades e desafios para o estudo e representação cartográfica da geomorfologia antropogênica urbana.



Figura 2: Reservatório de contenção de cheias Piscinão Ecovias/Imigrantes. Localizado na área de estudo na planície do Córrego da Capela, é um exemplo de modificações antropogênicas no modelado através de escavação. **Fotografia:** Eduardo Luiz Morari (2021).



Figura 3: Trecho da Rodovia dos Imigrantes na área de estudo onde o interflúvio foi rebaixado por escavações. **Fotografia:** Eduardo Luiz Morari (2021).

Além da facilidade de acesso para levantamentos de campo, a área de estudo também conta com aporte documental historiográfico e bibliográfico e trabalhos prévios de instituições e órgãos públicos como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA), Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), além da Casa da Memória de Diadema (CMD) e do Departamento de Cartografia da Prefeitura Municipal de Diadema (PMD).

3. Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral do presente estudo é avaliar o papel das ações antropogênicas pela mobilização direta de materiais na modificação do modelado do relevo durante o processo de urbanização.

Para tal, elaboraram-se os seguintes objetivos específicos:

- Utilizar a abordagem histórica na investigação da urbanização na modificação do modelado de relevo, considerando a ação humana como ação geomorfológica, isto é, investigar e demonstrar estas modificações considerando o tripé geomorfológico forma, material e processo.
- Quantificar e especializar a mobilização de materiais no processo de urbanização utilizando Modelos Digitais de Elevação (MDE) na reconstrução topográfica dos períodos representativos de antes e depois das intervenções antrópicas.
- Identificar o domínio do interflúvio e das planícies fluviais e com base na mobilização de materiais e nas modificações topográficas consolidadas, indicar as formas positivas e negativas, além de outros elementos antropogênicos utilizando a abordagem taxonômica do relevo de Ross (1992), conforme Peloggia (2005), para gerar produtos como o *Mapa da Geomorfologia Original*, *Mapa da Geomorfologia Antropogênica Urbana Consolidada* e, pela sobreposição dos períodos de antes e depois, o *Mapa das Morfologias originais e antropogênicas*.

4. Referencial teórico metodológico

4.1 Geomorfologia e ação humana

A capacidade humana de interferir nos processos formadores do relevo na superfície terrestre tem alcançado escalas de interferência que ultrapassam a dinâmica de alguns processos naturais (HOOKE, 1994; LI et al., 2008, PRICE et al., 2011, RODRIGUES et al., 2019). A preocupação com o papel da humanidade na modificação do relevo não é recente, destacando-se por exemplo as contribuições pioneiras de Sherlock (1922) (*Man as a Geological Agent*), e posteriormente o trabalho de Brown (1970) (*Man Shapes the Earth*), além de Haigh (1974) (*Evolution of Slopes in Artificial Landforms*) e de Nir (1983) (*Man, a Geomorphological Agent*). Nesse meio tempo, com a intenção de discriminar a ação antropogênica específica na modificação da superfície e suas categorias de intervenção, foi cunhado o termo Antropogeomorfologia por Golomb e Eder (1964), ao denotarem o estudo das formas de relevo geradas então pela ação humana (LOCZI; SUTO, 2011). Szabo (2010), define a Antropogeomorfologia, ou Geomorfologia Antropogênica, como o estudo do papel humano na criação de novas formas no relevo, e na modificação de processos geomorfológicos como o intemperismo, erosão, transporte e sedimentação. Avançando nas associações, Nir (1983), ao considerar a paisagem enquanto sistema, utilizou o conceito de “*steady state*” na Antropogeomorfologia, que no caso pode ser entendido como a estabilidade dos processos geomorfológicos ativos, os quais referem-se à perturbação pela ação humana devido à capacidade desta agir contra a gravidade, concentrar atividades intensas em pequenas áreas, acelerar ou desacelerar processos naturais e modificar ecossistemas. Ainda, segundo o autor citado, a intensidade dessa ação geomorfológica humana depende de fatores econômicos, sociais e demográficos.

4.2 Classificações e tipos de formas antropogênicas

Uma abordagem amplamente utilizada na classificação da ação geomorfológica humana é a divisão entre *impactos diretos* e *indiretos* (BROW, 1970; HAFF, 2003; HAIGH, 1978; HOOKE, 2000; SZABO, 2010). Em geral as ações indiretas ou não intencionais são relativamente menos perceptíveis, pois tendem a afetar os processos geomorfológicos tais como taxas de erosão e sedimentação (GOUDIE; VILES, 2016). Os impactos diretos, também entendidos como ações diretas ou intencionais, são facilmente reconhecíveis e podem ser divididos em três categorias: escavacionais, acumulativas ou hidrológicas (HOWARD, 2007; SZABO, 2010). As ações diretas modificam a topografia original ao adicionar ou remover materiais em determinada área, ocasionando aumento ou redução topográfica (NIR, 1983). Assim, utilizando o critério topográfico e com referência na superfície original, uma primeira abordagem na avaliação dessas modificações são classificá-las em *formas positivas* e *formas negativas* (BROW, 1970; SZABO, 2010) (Figura 4).

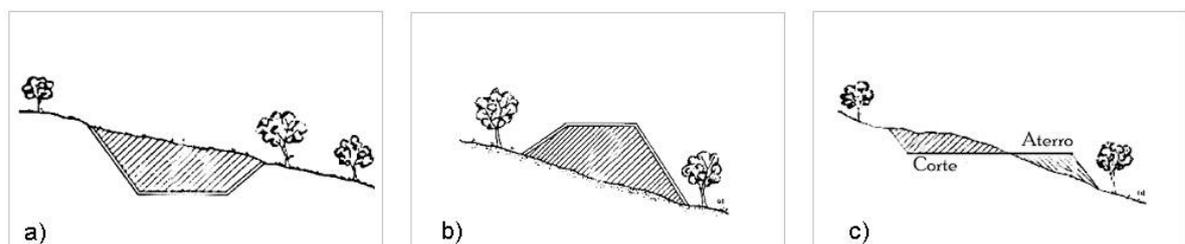


Figura 4: Formas antropogênicas: a) formas negativas, b) formas positivas, c) formas negativas e positivas resultantes de corte e aterro. **Fonte:** modificado de Araújo (2003).

Quando consideradas a sua gênese, essas modificações podem ser classificadas em *formas* ou *superfícies de acumulação e de remoção* (DOUGLAS, 1983; HOWARD, 2017) ou de *preenchimento* ou de *planificação* (SZABO, 2010; PRICE et al., 2016) (Figura 5). Desta última são exemplos as cavas de minas

desativadas reaproveitadas para aterros sanitários ou quando reabilitadas para áreas de lazer.

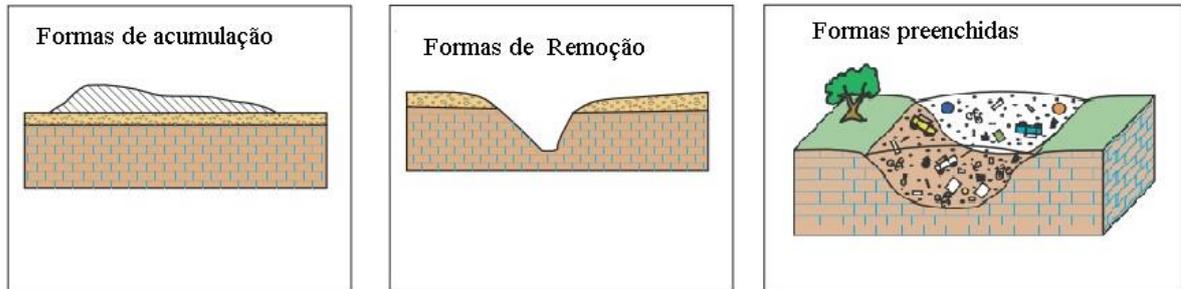


Figura 5: Formas de acumulação, de remoção e formas preenchidas. **Fonte:** Modificado de Price et al. (2013).

Das formas de acumulação são exemplos os aterros para fins de infraestrutura no transporte, como suporte a rodovias (Figura 6a), na construção de barragens de reservatórios, na adequação de terrenos (terraplanagem) para atividades industriais, urbanas e de lazer como aterros em lagos e planícies fluviais e ilhas artificiais. São exemplos de formas de remoção os desmontes de morros ou de maciços rochosos nas atividades mineradoras ou de engenharia civil na adequação do terreno para reservatórios (Figura 6b), transporte, atividades industriais ou habitação. Das modificações hidrológicas, são exemplos as retificações e tamponamentos dos cursos de rios, a criação de canais artificiais (Figura 6c) e os reservatórios.



Figura 6: Exemplos de modificações antropogênicas. a) Vista aérea do aterro (forma de acumulação) para a Rodovia Anchieta; b) Montagem fotográfica que mostra a escavação e taludamento do Morro dos Cabritos, forma de remoção relativa às obras da Usina Hidrelétrica de Furnas, Rio Grande, Minas Gerais; c) Vista aérea do canal artificial CN-01, eixo norte da Transposição do Rio São Francisco, como exemplo de modificações diretas hidrológicas. **Fonte:** Bartorelli et al. (2017).

4.2 Urbanização

A urbanização é uma parte importante da geomorfologia antropogênica, pois é no meio urbano onde se concentram as populações e suas atividades (LI et al., 2018). Quando comparada às outras formas de ocupação humana, a urbanização apresenta características únicas, com aspectos ambientais próprios (CHIN, 2006 apud GOUDIE; VILES, 2017; DIAO, 1995; DOUGLAS, 1983).

Segundo Nir (1983), o impacto geomorfológico da urbanização se diferencia em três estágios: pré-urbanização, urbanização ativa e urbanização consolidada. Segundo o autor, cada fase apresenta impactos distintos no *steady state* do ponto de vista geomorfológico. A primeira fase caracteriza-se em geral por atividades rurais que tendem ao equilíbrio com o sistema geomorfológico; a segunda fase, onde se inicia a urbanização de fato, é caracterizada pelo período de construção, onde ocorre retirada da vegetação e remobilização dos solos, cujos materiais são expostos a agentes climáticos aumentando a erosão e deposição de sedimentos; já o terceiro período é caracterizado pela nova topografia, rede de drenagem e superfícies impermeabilizadas, o que pode causar, por exemplo, redução da infiltração e aumento de alagamentos. Rodrigues (2010) tem desenvolvido metodologia para avaliação dos impactos antrópicos advindos da urbanização nos sistemas hidrogeomorfológicos na mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo no Sudeste do país, destacando a necessidade de considerar a ação humana enquanto ação geomorfológica, investigando as modificações antropogênicas em termos de formas, materiais e processos, e tendo a abordagem retrospectiva como ferramenta para avaliar a dimensão das modificações (GOUVEIA, 2010; LUZ; RODRIGUES, 2015; RODRIGUES, 2005). Rodrigues (1999) aponta, ainda, alguns princípios

metodológicos da Antropogeomorfologia a partir de abordagens clássicas da Geomorfologia:

- a) observar as ações humanas como ações geomorfológicas;*
- b) investigar nas ações humanas padrões significativos para a morfodinâmica;*
- c) investigar a dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas iniciando com os estágios pré-perturbação;*
- d) empregar e complementar diferentes escalas espaço temporais;*
- e) empregar e investigar as possibilidades da cartografia geomorfológica de detalhe;*
- f) explorar a abordagem sistêmica e a teoria do equilíbrio dinâmico;*
- g) usar a noção de limiar geomorfológico e a análise de magnitude e frequência;*
- h) dar ênfase na análise integrada em sistemas geomorfológicos;*
- i) levar em consideração as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais;*
- j) ampliar o monitoramento de balanços, taxas e geografia dos processos derivados e não derivados.*

Segundo Nir (1983), a abordagem histórica acompanha a formação da Geomorfologia Antropogênica enquanto campo de estudo, e aponta como imprescindível a consideração do antes e depois na investigação das intervenções antrópicas. Toy e Hadley (1976) recomendam a delimitação de três estágios a serem analisados: pré-perturbação, perturbação ativa e perturbação consolidada. Segundo Trimble (2008), a historiografia tem sido cada vez mais utilizada na averiguação de

mudanças em geografia física, isto é, documentos históricos como cartas topográficas, fotografias aéreas, cartas de uso do solo e fotografias oblíquas de diferentes datas, o que são ferramentas importantes na pesquisa geomorfológica. Tecnologias mais recentes têm auxiliado no entendimento das mudanças topográficas no decorrer do tempo (GOUDIE; VILES, 2017), com a elaboração e comparação de Modelos Digitais de Elevação, por exemplo, que têm sido cada vez mais utilizados na avaliação de mudanças geomorfológicas por processos naturais ou de origem antrópica (JAMES et al., 2012; WANG et al., 2015; WILLIAMS, 2010).

4.4 Cartografia geomorfológica e ação antrópica

. A cartografia geomorfológica constitui um importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos (CASSETI, 2001). Para Ross (1996), as formas de relevo assim como outros componentes da natureza são elementos cartografáveis que possuem diferentes tamanhos e formas que se relacionam com a sua gênese sendo sua representação cartográfica um importante recurso técnico-científico.

Segundo Griffiths (2011), em comum com outras ciências da terra, a ênfase da geomorfologia no estudo da superfície implica necessariamente na compilação e espacialização de dados e assim representá-los na forma de mapas. A importância da pesquisa e mapeamento geomorfológico para uma variedade de propósitos foi gradualmente compreendida não só entre os geomorfólogos, mas também entre cientistas de outras disciplinas, por exemplo relacionadas ao planejamento e na exploração de recursos naturais, assim como entre os tomadores de decisões tanto no setor privado quanto setor público (VERSTAPPEN, 2011)

Cooke e Doornkamp (1990, apud SILVA, 2021) destacam que os mapas geomorfológicos são uma base de avaliação do terreno como um documento próprio para estar em poder daqueles profissionais que trabalham com o manejo da terra, e questões ambientais como engenheiros, planejadores dentre outros.

Segundo Lee (2001), embora não exista uma abordagem única para o mapeamento geomorfológico, pois o método escolhido varia de acordo com o problema a ser resolvido e os recursos a disposição, todos os mapas devem procurar subdividir o relevo em unidades relacionadas às formas similares da superfície buscando também caracterizar os materiais e processos.

Cooke e Doornkamp (1990 apud SILVA, 2021) apontam escalas distintas para diferentes propósitos, para um reconhecimento de nível nacional seriam adequadas as escalas entre 1:1000000 a 1:100000, em nível regional seriam melhor trabalhadas nas escalas entre 1:100000 a 1:25.000, o mapeamento relacionado ao planejamento urbano, monitoramento e manejo ambiental são melhor trabalhados as escalas entre 1:25.000 e 1:2000

Segundo Gustavson et al. (2006) o mapa geomorfológico nas escalas grandes, entre 1:5.000 a 1:10.000 por exemplo, podem ser uma sólida fonte de informações científicas e de apresentação explicativa do relevo, servindo para diferentes aplicações como mapas de riscos, de planejamento, conservação e engenharia, para isso sendo necessários algumas generalizações na sua elaboração.

Rodrigues (2005), aponta a cartografia retrospectiva e evolutiva, que apoiada no tripé geomorfológico forma, processo e material se torna um importante recurso para o entendimento da ação antrópica, considerando a morfologia original e a morfologia antropogênica, sendo a morfologia original aquelas morfologias cujo atributos como rupturas e mudanças de declividade não foram modificadas pela ação antrópica. Conforme Gouveia (2010) o reconhecimento da morfologia original deve se basear na cartografia geomorfológica utilizando cartas topográficas e fotografias aéreas de datas mais antigas possíveis junto com a pesquisa e levantamentos junto a órgãos públicos empresas de aerofotolevramento ou de infraestruturas por exemplo, contando ainda com fontes documentais, obras históricas, registros iconográficos e depoimento de moradores antigos.

Baseado no entendimento das formas de relevo serem resultados da interação das forças exógenas e endógenas terrestres conforme as concepções de Walter Penck (1953) e nos conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas de Gerasimov

(1946) e Mescerjacov (1968), Ross (1992) elaborou uma proposta taxonômica de classificação e representação cartográfica do relevo em seis unidades taxonômicas denominadas Táxons, o 1º táxon são representados pelas grandes formas do relevo, relacionadas a morfoestrutura como por exemplo as bacias sedimentares ou cinturões orogênicos, o 2º táxon são as unidades morfoesculturais inseridas na morfoestrutura como planaltos, planícies e depressões, o 3º táxon representam as unidades morfológicas ou de padrões de formas de relevo semelhantes como um conjunto de colinas ou morros, o 4º táxon são tipos de formas de relevo como por exemplo colinas e morros, o 5º táxon representam os tipos de vertentes e no 6º táxon seria reconhecível e mapeados as formas de processos atuais como ravinas, ou cicatrizes de deslizamento (Figura 7).

Peloggia (2005), aponta que a ação geomorfológica humana também remete a questão taxonômica do relevo, sendo possível de identificá-la e mapeá-la a partir do 4º Táxon (tipos de formas de relevo) da proposta de Ross (1992), exemplificando para este táxon elementos antrópicos como morrotes artificiais e aterros em planícies.

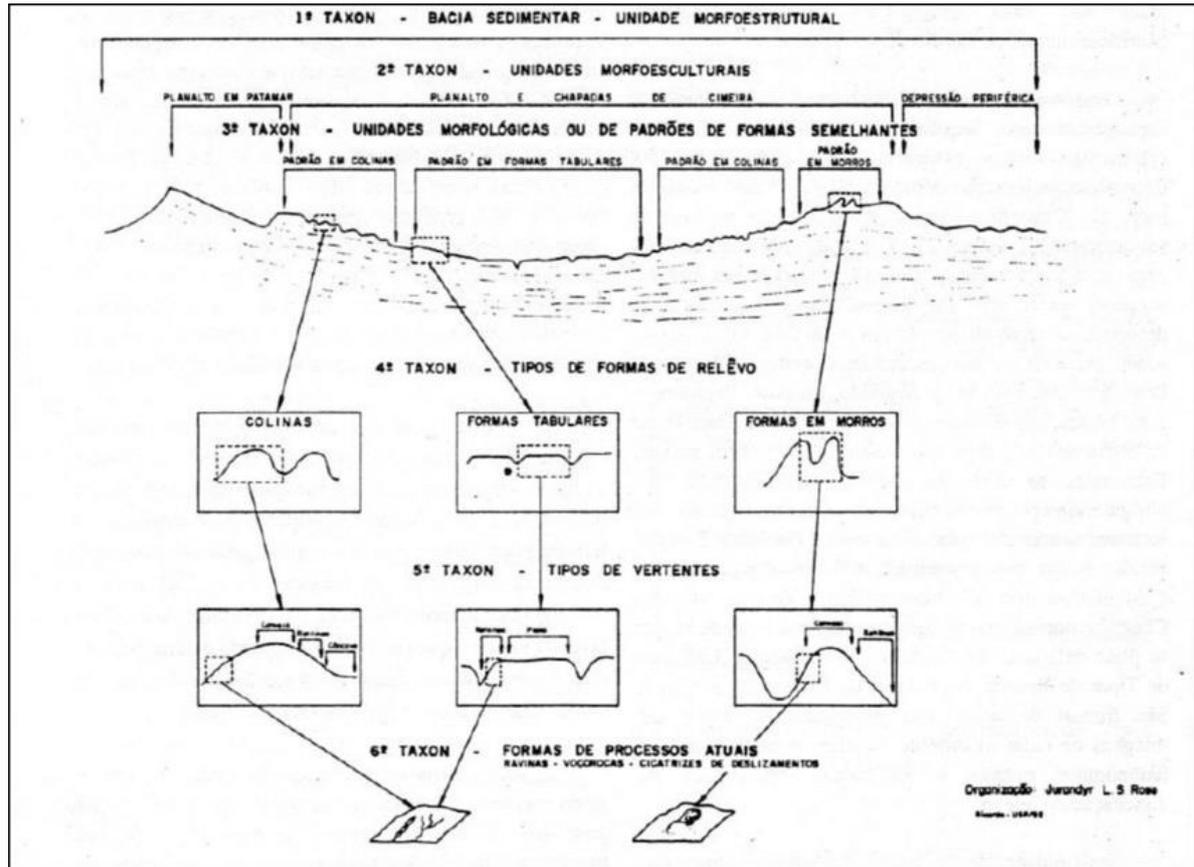


Figura 7: Representação das unidades taxonômicas proposta por Ross (1992). **Fonte:** Ross (1992)

5. Procedimentos

Considerando a área de estudos e os objetivos geral e específicos mencionados, os procedimentos para alcance dos resultados podem ser resumidos nas seguintes etapas:

- 1) Por meio da abordagem histórica em geomorfologia avaliar e descrever as modificações antropogênicas nas formas, materiais e processos dos sistemas interflúvio e planícies fluviais nos diferentes estágios de urbanização;
- 2) Em ambiente SIG elaborar Modelos Digitais de Elevação - MDEs representativos de antes e depois das intervenções antrópicas e através dos mesmos identificar as mudanças morfológicas positivas e negativas, assim como quantificar o volume de material mobilizado por retirada e acumulação de materiais nos sistemas;
- 3) Utilizando a abordagem taxonômica do relevo de Ross (1992), elaborar os seguintes produtos cartográficos de antes e depois das intervenções antrópicas: mapa da geomorfologia pré-urbana; mapa da geomorfologia urbana consolidada; e o mapa da sobreposição das morfologias original e antropogênica.

5.1. Primeira etapa

Adotando a perspectiva histórica, a primeira etapa do presente estudo foi delimitar três estágios de urbanização ocorridos na área de estudo a partir de critérios históricos e econômicos: 1) Pré urbanização (até 1960): neste estágio predominavam os usos da terra do tipo rural; 2) Urbanização ativa (1960 até 2002): ocorre a partir das primeiras modificações topográficas para fins de assentamento urbano e industrial; 3) Urbanização consolidada (2002-atual): último estágio que se inicia a partir da consolidação da última modificação topográfica significativa e predominam ações antrópicas que visam a manutenção do ambiente construído.

Para delimitação dos sistemas dos interflúvios e planícies fluviais e a caracterização dos períodos de urbanização em termos de Forma, Material e Processo, recorreu-se às seguintes fontes: Carta Topográfica da Região Metropolitana de São Paulo do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) de 1960, na escala 1:10.000, com curvas equidistantes de 10 metros; Carta Topográfica da Região Metropolitana de São Paulo da EMPLASA de 1970, na escala 1:10.000, com curvas equidistantes de 1 metro; cartas topográficas adicionais da EMPLASA de 1981. Também foram utilizadas aerofotografias antigas (GEOSAMPA, 1953), fotografias oblíquas, documentos históricos, dados topográficos digitais do Mapeamento Topográfico de Diadema de 2010, com curvas de nível equidistantes de 1 metro, e ortofotos relativos ao ano 2010, ambos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Diadema (Figura 8), complementados por relatórios técnicos do DAEE (2002, 2017), CPRM (2013), EMPLASA (2006), e referências na literatura especializada (ANDRADE, 1974; ROSS; MOROZ, 1997; GOUVEIA, 2010; RODRIGUES; GOUVEIA, 2019) e verificações em campo.

Materiais Cartográficos	Fonte	Formato
Carta Topográfica da Cidade de São Paulo e arredores - 1971	IGC	Digital Shapefile
Carta Topográfica RMSP - 1981 1m	EMPLASA	Digital Geotiff
Carta Topográfica RMSP - 1973 1m	EMPLASA	Digital Geotiff
Logradouros RMSP e Diadema - 2018	CEM / PMD	Digital Shapefile
Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo	ROSS e MOROZ	Digital imagem georreferenciada
Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a inundações do município de Diadema	IPT/CPRM	Digital (pacote de shapefiles)
Folhas Planialtimétricas da Região Metropolitana de São Paulo - 1980/1981 (com atualizações)	EMPLASA	Digital shapefile
Ortofoto RMSP 2007	EMPLASA	Digital
Folhas Planialtimétricas da Região Metropolitana de São Paulo - 1980/1981 (original)	EMPLASA	Digital Shapefile
Ortofotos região central de Diadema	PMD	Digital Shapefile
Carta topográfica Diadema 2010 (Curvas de nível 1 metro e 5 metros)	PMD	Digital Shapefile
Hidrografia Município Diadema 2010	PMD	Digital Shapefile
Fotografias aéreas 1953	Portal geosampa	Digital imagem georreferenciada
Atlas Diadema (uso e ocupação do solo 2010)	EMPLASA	Shapefile, PDF
Mapa da Morfologia Original e Antropogênica da Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduatei	MOROZ (2010)	Digital imagem georreferenciada

Figura 8: Fontes históricas e cartográficas coletadas. **Organização:** Eduardo Luiz Morari.

5.2. Segunda etapa

Segundo Willians (2010), a Diferenciação de Modelos Digitais de Elevação (DMDEs) é uma importante ferramenta que favorece o entendimento da interação entre processo e formas na averiguação de mudanças geomorfológicas. Com a diferenciação de dois MDEs que possuem o mesmo controle geodésico, obtêm-se valores relativos a mudanças morfológicas:

$$\delta E = Z_2 - Z_1$$

Onde δE é um MDE (DMDE) que mostra mudanças na elevação, Z_2 é um MDE posterior e Z_1 um MDE anterior. O δE sumariza as mudanças volumétricas e apresenta em um mapa valores negativos e positivos representando erosão e deposição, respectivamente (WILLIANS, 2010).

No presente estudo, em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), *software Arcgis*, foram digitalizadas, no formato *shapefile (polyline)*, as curvas de nível representativas do período pré-urbano, estas através de referências nas cartas topográficas fornecidas pelo IGC (Carta topográfica da Região Metropolitana de São Paulo, 1971, escala 1:10.000, com curvas equidistantes de 10 metros, imagem digital georreferenciada) e pela EMPLASA (Carta Planialtimétrica, da Região Metropolitana de São Paulo, Parcial, 1972, folhas: CM334332 e CM334315, escala 1:2.000, com curvas de nível equidistantes de 1 metro, imagens no formato digital georreferenciadas), pois estas apresentam características preservadas ou semi preservadas da topografia original. O arquivo *shapefile* da topografia atual da área de estudo foi fornecido pela Secretaria de Cartografia da Prefeitura Municipal de Diadema (2020) e apresenta curvas equidistantes de 1 metro.

A partir dos arquivos elaborados, com os *shapefiles* da topografia atual e *shapefiles* da topografia pré-urbana, ambas com curvas de nível equidistantes de 1

metro, foram gerados seus respectivos MDEs. O procedimento foi a partir da ferramenta *Create TIN* do *Software Arcgis* (caminho: *ArcMap, Geoprocessing, Arctoolbox, CreateTIN*).

Dos MDEs elaborados foram obtidos perfis topográficos de antes e depois, através da ferramenta *Surface Difference* do software *Arcgis* (caminho: *ArcMap, Geoprocessing, Arctoolbox, SurfaceDifference*), gerando uma DMDE do qual se obteve um Mapa das Modificações Topográficas, representando áreas *positivas*, *negativas* ou 0 (sem modificação), a *área afetada* e o *volume mobilizado* (em valores estimados). As áreas positivas representam o aumento topográfico por acumulação e negativos representam a redução topográfica pela retirada de materiais (Figuras 9 e 10).

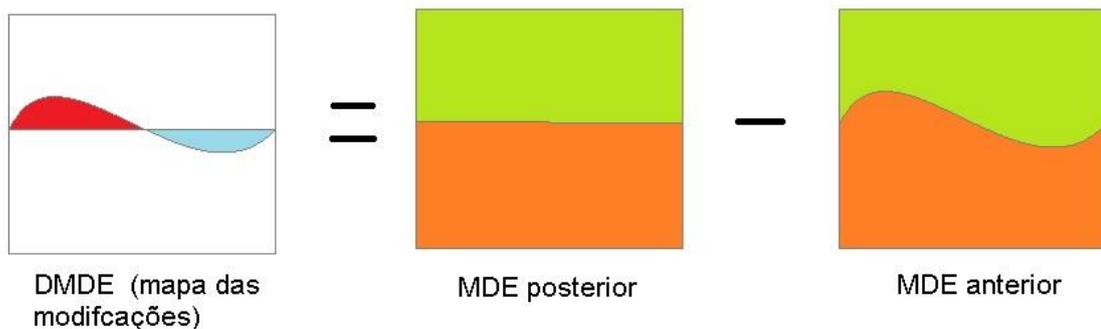


Figura 9: Figura ilustrativa representando a aquisição de uma DMDE ou um mapa das modificações conforme Willians (2013). **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari.

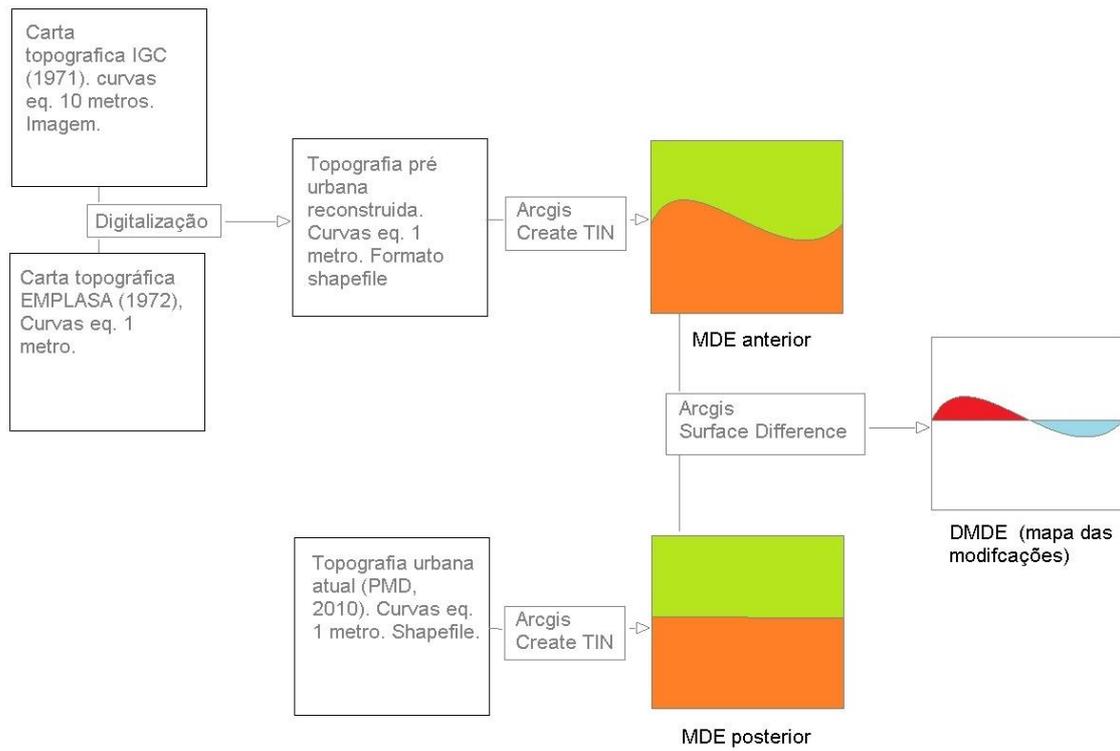


Figura 10: Fluxograma representando as etapas e os procedimentos para a obtenção do mapa das modificações com referências às fontes cartográficas coletadas para o presente estudo. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari

5.3 Terceira etapa

Com os resultados obtidos pelas duas primeiras etapas, isto é, a investigação e descrição dos estágios de urbanização nas formas, materiais e processos e a quantificação e espacialização dos materiais remobilizados (mapa das modificações), adotou-se como referência na elaboração cartográfica a abordagem taxonômica do relevo de Ross (1992), o qual possibilitou a produção de três produtos cartográficos, na escala 1:5.000, de antes e depois das intervenções antrópicas, são estes: *Mapa da geomorfologia Pré-urbana; Mapa da geomorfologia urbana consolidada e Mapa da sobreposição das Morfologias Originais e Antropogênicas.*

Para este estudo foram adequados elementos da morfologia antropogênica à abordagem taxonômica do relevo, considerando que as intervenções antropogênicas podem ser mapeadas a partir do Quarto Táxon (tipos de formas de relevo) da metodologia de Ross (1992), conforme aponta Peloggia (2005). Para o Quarto Táxon (tipos de formas de relevo) formas positivas e negativas; no Quinto Táxon, (elementos da vertente) elementos lineares e areolares inseridos ou derivados das formas positivas e negativas, como as rupturas de declividades côncavas e convexas de acordo principalmente com patamares (ou plataformas conforme Ross, 2001) de aterros e cortes de taludes conforme adaptação da proposta de Savigear (1965); para o Sexto Táxon (processos atuais), foram identificados processos atuantes de origem antropogênica de denudação ou acumulação delimitando-os em diretos e indiretos (Figura 11).

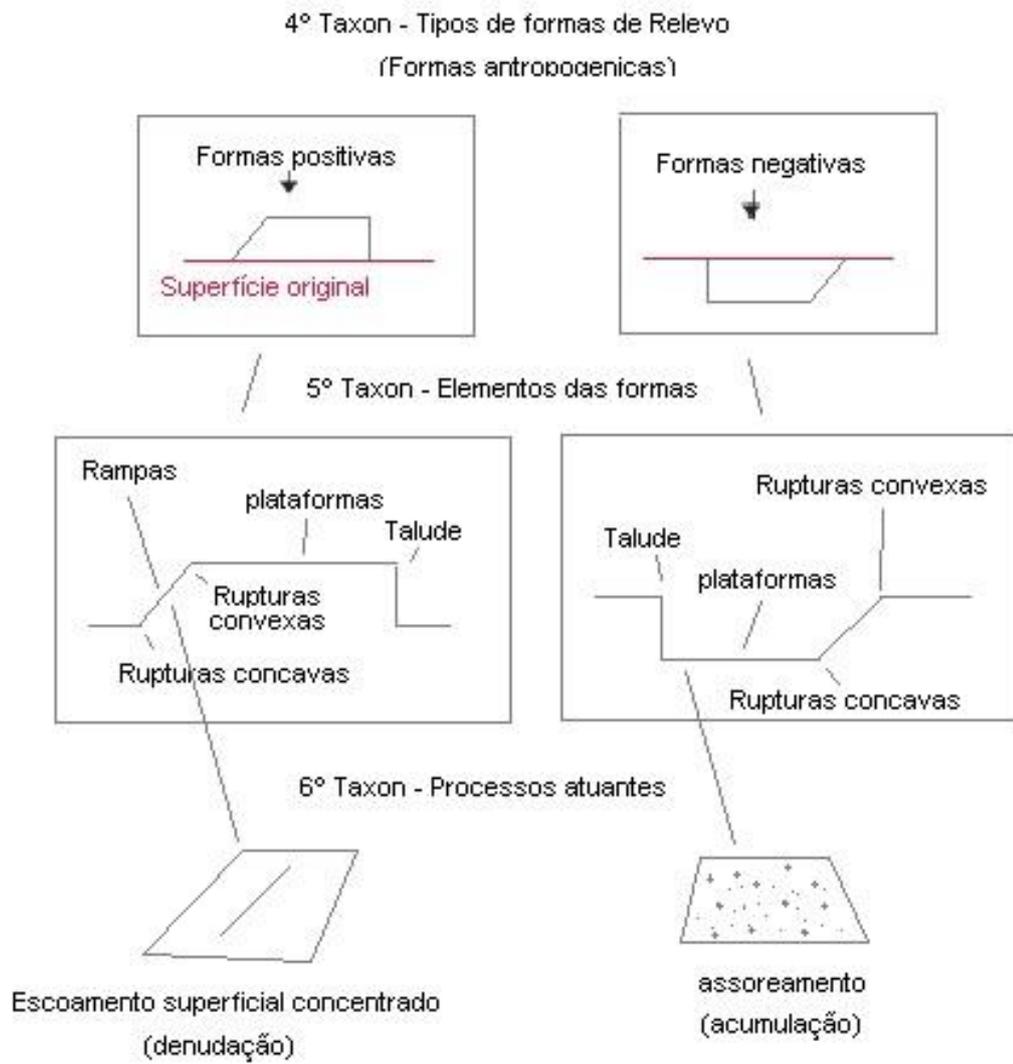


Figura 11: Representação e adequação das formas e processos antropogênicos para a abordagem taxonômica segundo Ross (1992). **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari Autor.

6. Caracterização da Área de Estudo

6.1 Geologia e geomorfologia

No município de Diadema a litologia predominante é o embasamento cristalino Pré-Cambriano, representada por granitos, gnaisses, migmatitos e *xistos do Complexo Embu*, estes inseridos no contexto do cinturão orogênico Ribeira e acima desta litologia são encontrados depósitos de sedimentos Cenozoicos da Bacia Sedimentar de São Paulo e os aluviões fluviais e coluvionares holocênicos (HASUY et al. apud RODRIGUEZ, 1998). Assim, a área de estudo emoldura predominantemente uma litologia caracterizada por rochas metamórficas do Complexo Embu e pelos aluviões fluviais holocênicos (Figura 12). O Complexo Embu é a unidade geológica de maior ocorrência na região metropolitana de São Paulo, sua litologia predominante é formada por xistos, filitos, migmatitos e gnaisses. O material constituinte dos aluviões holocênicos são areias e argilas inconsolidadas (RODRIGUEZ, op. cit.).

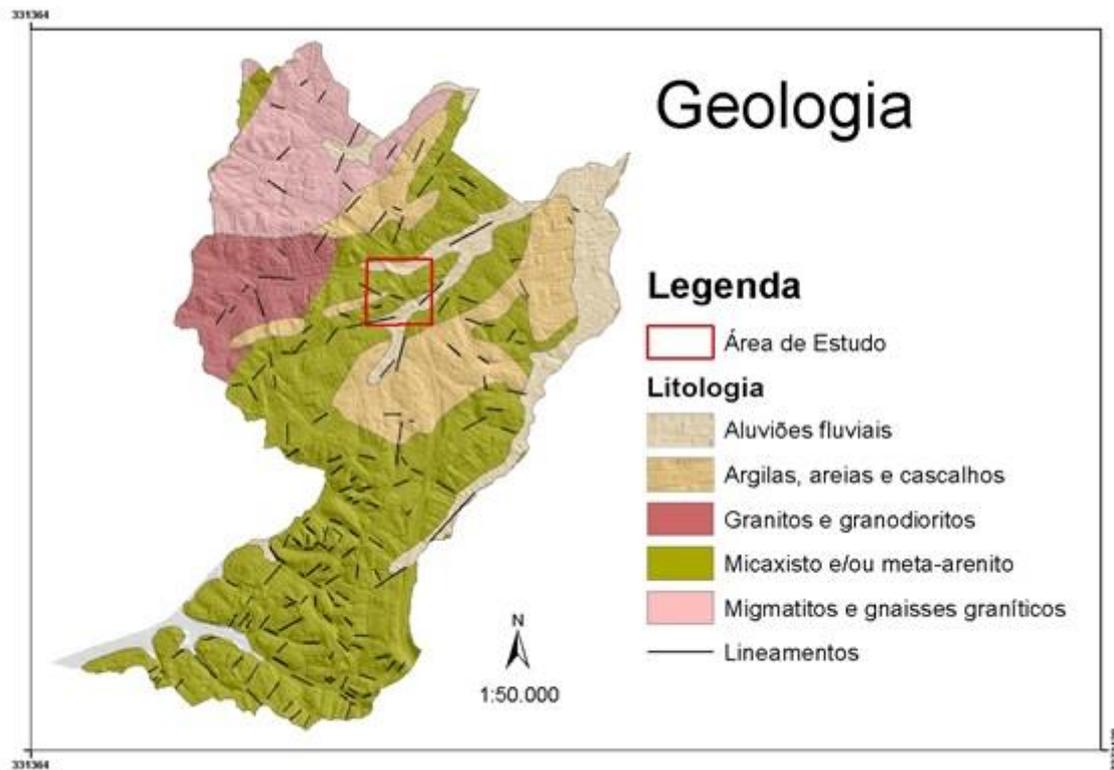


Figura 12: Mapa da Geologia do município de Diadema, com localização da área de estudo. Fonte: CPRM (2013). **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari (2023).

A área de estudo localiza-se na Unidade Morfoescultural do Planalto Paulistano Alto-Tietê, onde processos denudacionais predominam na morfogênese, sendo sua litologia dominante constituída por rochas metamórficas do pré-cambriano como migmatitos, gnaisses, micaxistos, granitos e meta-arenitos e solos do tipo Argissolos nos topos e Cambissolos ao longo das vertentes (ROSS; MOROZ, 1997). O padrão de formas de relevo é de morros e morrotes alongados (Figura 13) com topos convexos, vertentes retilíneas com setores côncavos e convexos. A drenagem apresenta forma dentrítica com orientação predominante SW – NE (CPRM, 2013; GOUVEIA, 2010). A área de estudo também corresponde a Morraria Embu, subzona geomorfológica do Planalto Paulistano conforme Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981) e Morros Cristalinos, unidade geomorfológica predominante na região Metropolitana de São Paulo conforme Rodrigues e Batista (2003).

As declividades predominantes são de 20 a 30 % e as altitudes médias variam entre 750 a 850 metros, apresentando amplitude interfluvial entre 70 a 150 metros. De fragilidade ambiental e dissecação consideradas médias, é um relevo suscetível a movimentação de massa (ROSS; MOROZ, 1997).

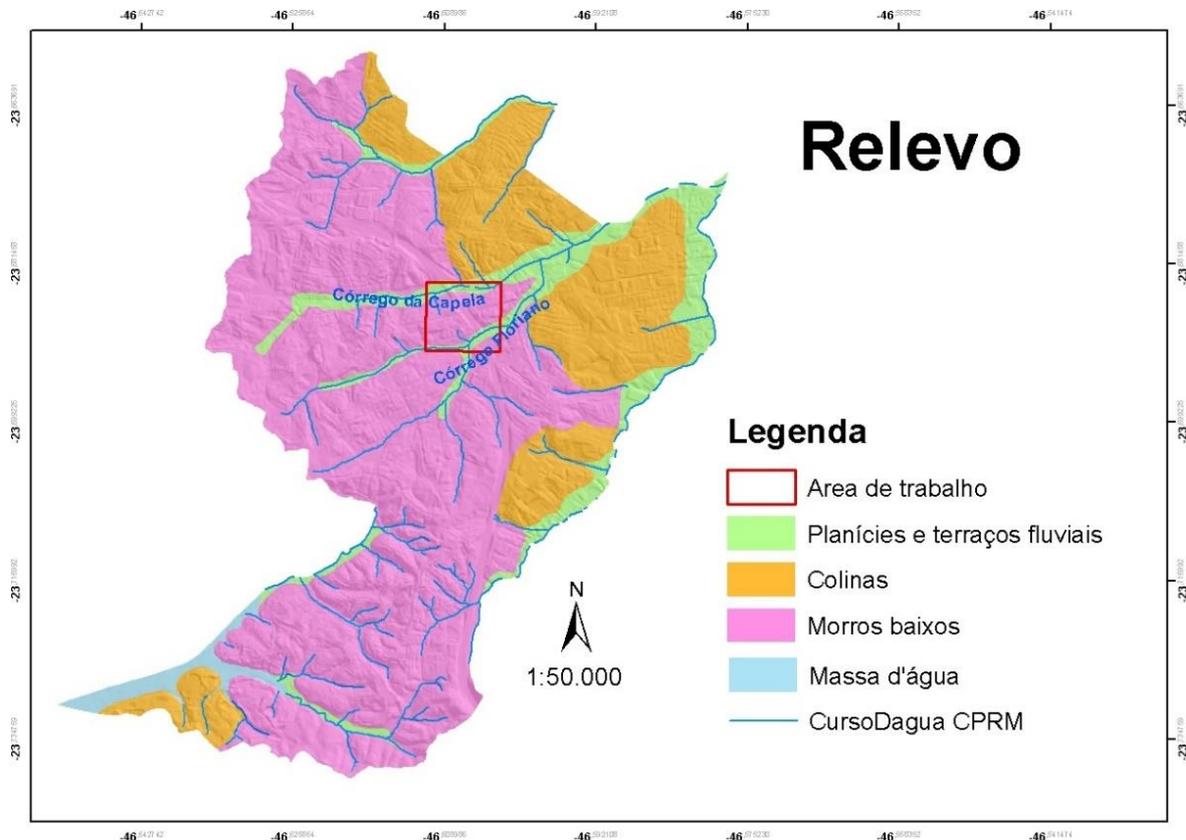


Figura 13: Formas de Relevo no município de Diadema-SP, com destaque para a localização área de estudo. **Fonte:** CPRM (2013). Elaboração: Eduardo Luiz Morari (2023).

As planícies fluviais dos Córregos da Capela e Floriano são elementos da unidade morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozoicas. Essas planícies fazem parte da unidade morfoescultural Planície Fluvial do Rio Tamanduateí e Afluentes (GOUVEIA, 2011), são de idade quaternária e em sua morfogênese predominam processos de agradação. O material constituinte dessas planícies são sedimentos holocênicos (areias, argilas e cascalhos inconsolidados). Morfologicamente são terrenos planos com declividades abaixo dos 5%. As altitudes médias estão entre 600 a 750 metros e são áreas de rápida saturação do solo e sujeitas às inundações

periódicas, predominando solos do tipo Neossolos Flúvicos ou Gleissolos (CPRM, 2013; GOUVEIA, 2010; ROSS; MOROZ, 1997).

6.2 Climatologia e cobertura vegetação

Segundo classificação climática de Köppen, Diadema-SP apresenta Clima Subtropical de inverno seco com verão quente (Cwa). A média anual de temperatura situa-se entre 19°C, sendo as médias das temperaturas máximas, registradas entre mês de janeiro e fevereiro, de 28°C. A média das temperaturas mais baixas estão em 9°C, registradas no mês de julho. Com precipitação média anual de 1473 mm, as precipitações mais volumosas se concentram nos meses de dezembro a março, registrando médias mensais de até 218 mm. Os meses menos chuvosos, que vão de abril a setembro, registram pluviosidade média de 48 mm (CEPAGRI/UNICAMP, 2018).

A cobertura vegetal original é do tipo Floresta Ombrófila Densa, também designada como Floresta Tropical Pluvial, especificamente em sua zonação altitudinal Floresta Ombrófila Densa Montana (IBGE, 2012). Segundo o Instituto Florestal (IF, 2013) atualmente o município possui menos de 10% de sua cobertura vegetal original.

6.3 Histórico do Uso e ocupação do solo

Segundo o Centro de Memória de Diadema (2002) o início da ocupação no território da atual Diadema remonta ao século XVII, com o registro de roça pertencente a Pedro Nunes, veterano da Bandeira de Nicolau Barreto, porém não parece ter sido uma ocupação continuada, pois se relatam as sesmarias de Pedro Nunes em estado de abandono após seu falecimento, a partir de então, há registros de ordens de benfeitorias aos caminhos que, passando pelo território, ligavam povoados de Santo Amaro e São Bernardo do Campo. Foram destes caminhos que surgiram os primeiros povoados de Diadema e, até 1950, o município registrava um total de 3.023 habitantes e as atividades econômicas dessa população estavam relacionadas principalmente à agricultura de subsistência e algumas olarias (Figura 14).



Figura 14: Aspecto do uso e ocupação do solo de características rurais na planície do Córrego da Capela na década de 1950. Ao fundo interflúvio correspondente à área de estudo.
Fonte: Casa da Memória Diadema (2022).

O Início da urbanização e industrialização de Diadema está relacionado ao contexto de um novo ciclo de desenvolvimento econômico ocorrido em âmbito nacional entre 1933 e 1980 (SUZIGAN, 2000). A Rodovia Anchieta, que liga Santos à Capital, foi inaugurada em 1947. Passando por São Bernardo do Campo, a rodovia favoreceu a instalação de indústrias neste município. Em 1959, Diadema se emancipa de São Bernardo do Campo e em sua primeira lei de uso de solo, de 1961, destinou-se 74% de sua área para atividades industriais. Na década de 1960, São Bernardo e Diadema foram os municípios da Grande São Paulo que apresentaram o maior crescimento industrial (Figura 15) (Prefeitura Municipal de Diadema, 1999).



Figura 15: Aspecto das modificações do uso do solo de características rurais para urbano industrial ocorridas na área de estudo, interflúvio e planície do Córrego da Capela, na década de 1960. **Fonte:** IBGE (2022).

Segundo Fonseca (2001), entre 1960 e 1980 observa-se uma grande diversificação da indústria em Diadema, pois muitas empresas antes localizadas na capital se transferem ao município devido ao acesso aos principais eixos rodoviários além de maior espaço físico para as instalações industriais.

Entre 1960 e 1970, o aumento populacional em Diadema foi de 544%, passando de 12.308 habitantes para 79.316, essa taxa de crescimento foi a mais alta de todos os municípios do Estado de São Paulo registrados no período (figura) (ANDRADE, 1979).

Atualmente, a cidade possui 393.237 habitantes, sendo a segunda cidade com maior densidade demográfica do país, onde 89% da área do município é urbanizada (Figuras 16 e 17) (IBGE, 2022). Na área de estudo consolidaram-se o uso e ocupação do solo de fins industriais, habitação, lazer e estrutura urbana (figura 18)

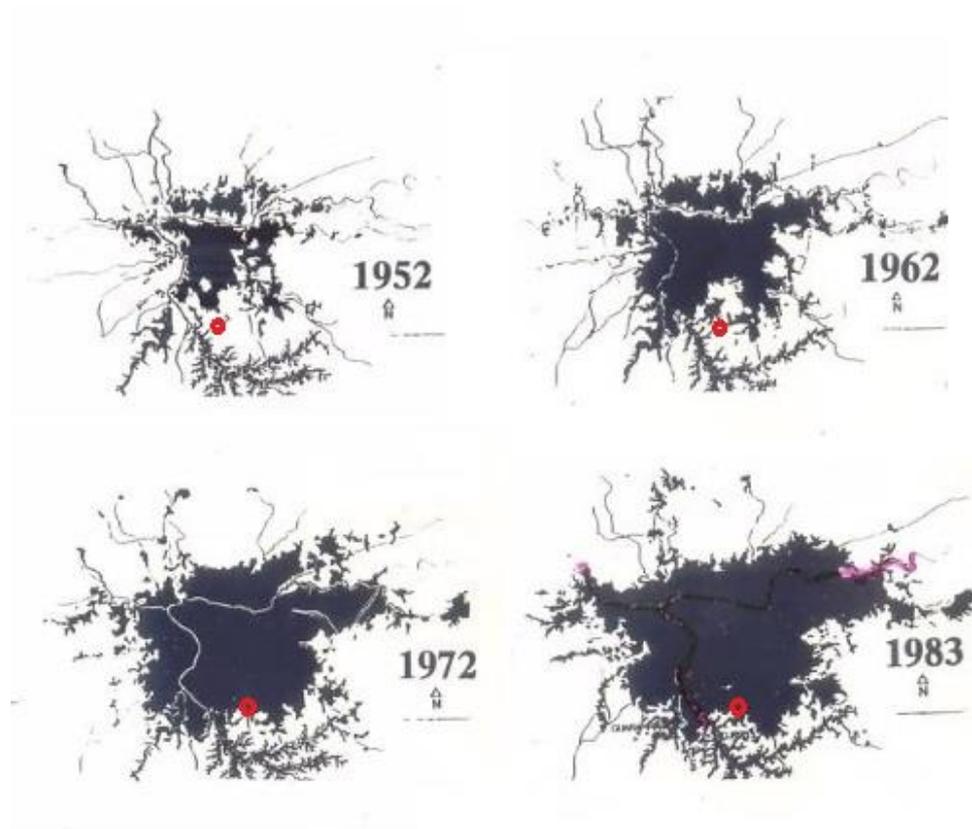


Figura 16: Evolução da mancha urbana da região metropolitana de São Paulo com destaque para a região da área de estudo (ponto vermelho), onde o processo de urbanização chegou a partir de 1960. Adaptado de GROSTEIN (1987).



Figura 17: Aspecto atual da urbanização de Diadema na bacia hidrográfica do Córrego da Capela.
Fonte: Adaptado do Google Street View (2023) por Eduardo Luiz Morari (2023).

Mapa de uso e ocupação do solo atual

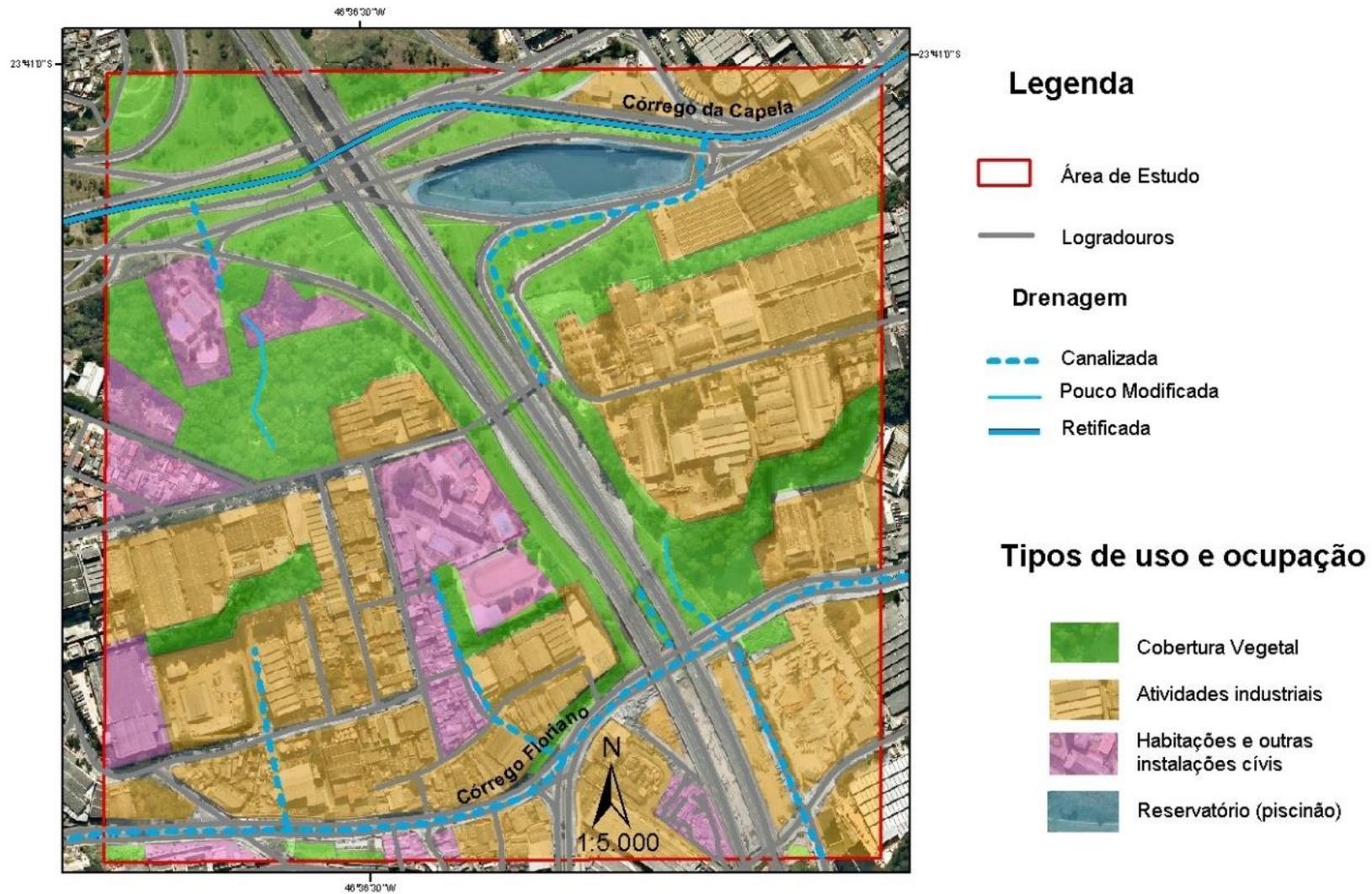


Figura 18: Mapa de uso e ocupação atual do solo. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

7. Resultados

7.1 Geomorfologia antropogênica pré urbana (até 1960)

Em 1950, dentro dos limites do atual município de Diadema, ainda como distrito do município de São Bernardo do Campo, se registrava um total de 3.023 habitantes (ANDRADE, 1979) e até a década de 1960, o uso e ocupação do solo apresentava características rurais e de lazer (Figura 18). Portanto, pouca ou nenhuma modificação topográfica significativa foi identificada na área de estudo durante o período.

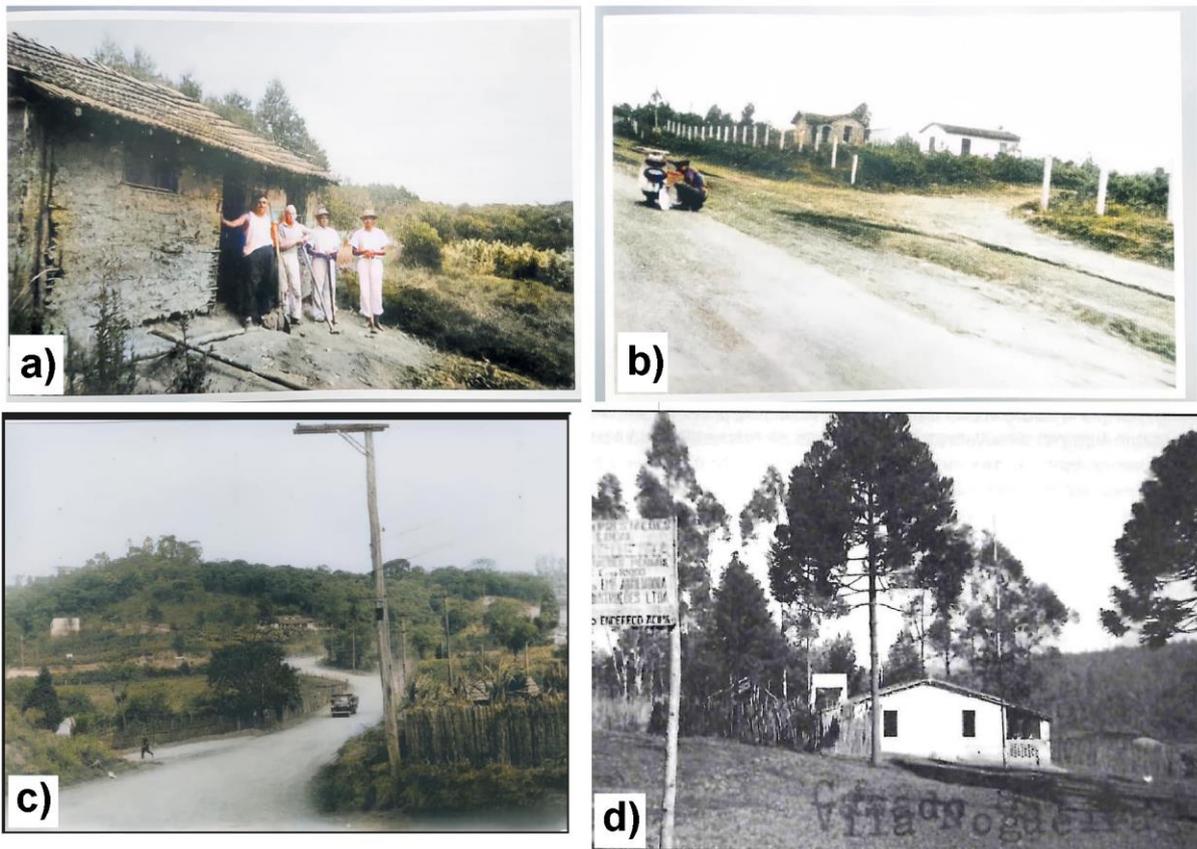


Figura 18: Mosaico de fotografias históricas representativas do período rural do futuro município de Diadema: a) casa de pau a pique em 1950 no atual bairro Vila Nogueira, nas proximidades da área de estudo; b) Chácaras, em 1957, na atual Avenida Piraporinha, Vila Nogueira; c) Planície do Córrego da Capela com vista ao interflúvio da área de estudo; d) Casa sede do Antigo Sítio Nogueira, o qual então seria loteada, dando origem ao Bairro Vila Nogueira. **Fonte:** acervo do Centro de Memória de Diadema.

As intervenções lineares, como estradas e trilhas, são verificáveis através da fotografia aérea e outros registros fotográficos do interflúvio. Estas intervenções tendem a acompanhar sua linha de cumeada (atual Avenida Sete de Setembro), e nas

planícies tendem a acompanhar as margens dos córregos (atuais avenidas Fábio Eduardo Ramos Esquivel no Córrego da Capela e Dr. Ulysses Guimarães, no córrego Floriano). As intervenções areolares identificadas são relacionadas a cultivos, solo exposto, pastagem ou vegetação rasteira e áreas com vegetação arbórea (Figura 19).

Intervenções antropogênicas do período pré urbano (até 1960)

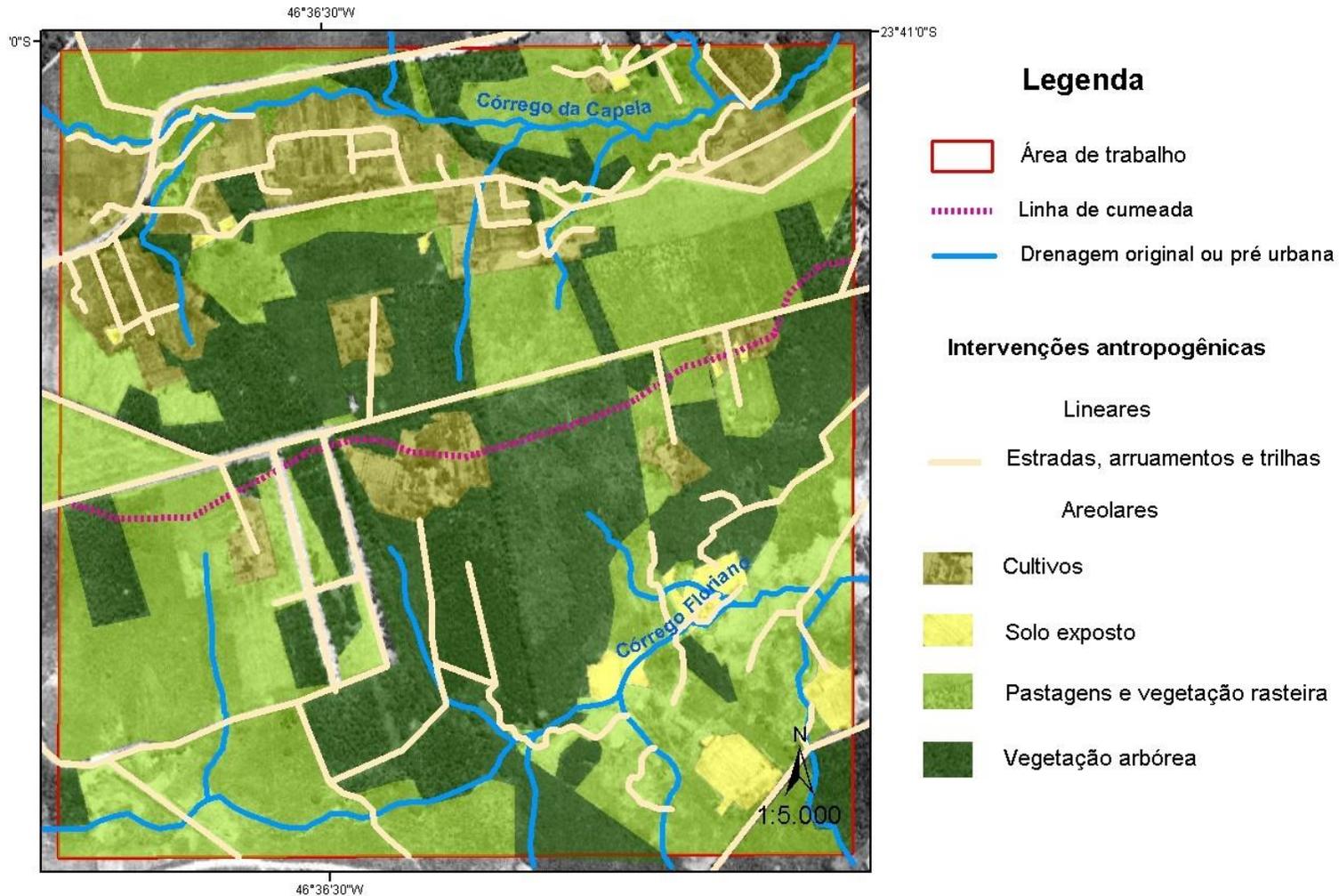


Figura 19: Intervenções antrópicas pré urbanas ou rurais, caracterizadas pela interpretação de fotografia aérea datada de 1953.
Fonte: Portal Geosampa (identificação: FX06-274). **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

Assim, as características morfológicas do interflúvio, típicas do modelado do Planalto Paulistano, como altitudes entre 760 e 810 metros, topos convexos, setores côncavos e retilíneos das vertentes com transições de declividade suaves, são preservadas assim como as baixas declividades das planícies fluviais, conforme mapa hipsométrico com os respectivos perfis topográficos (Figura 20).

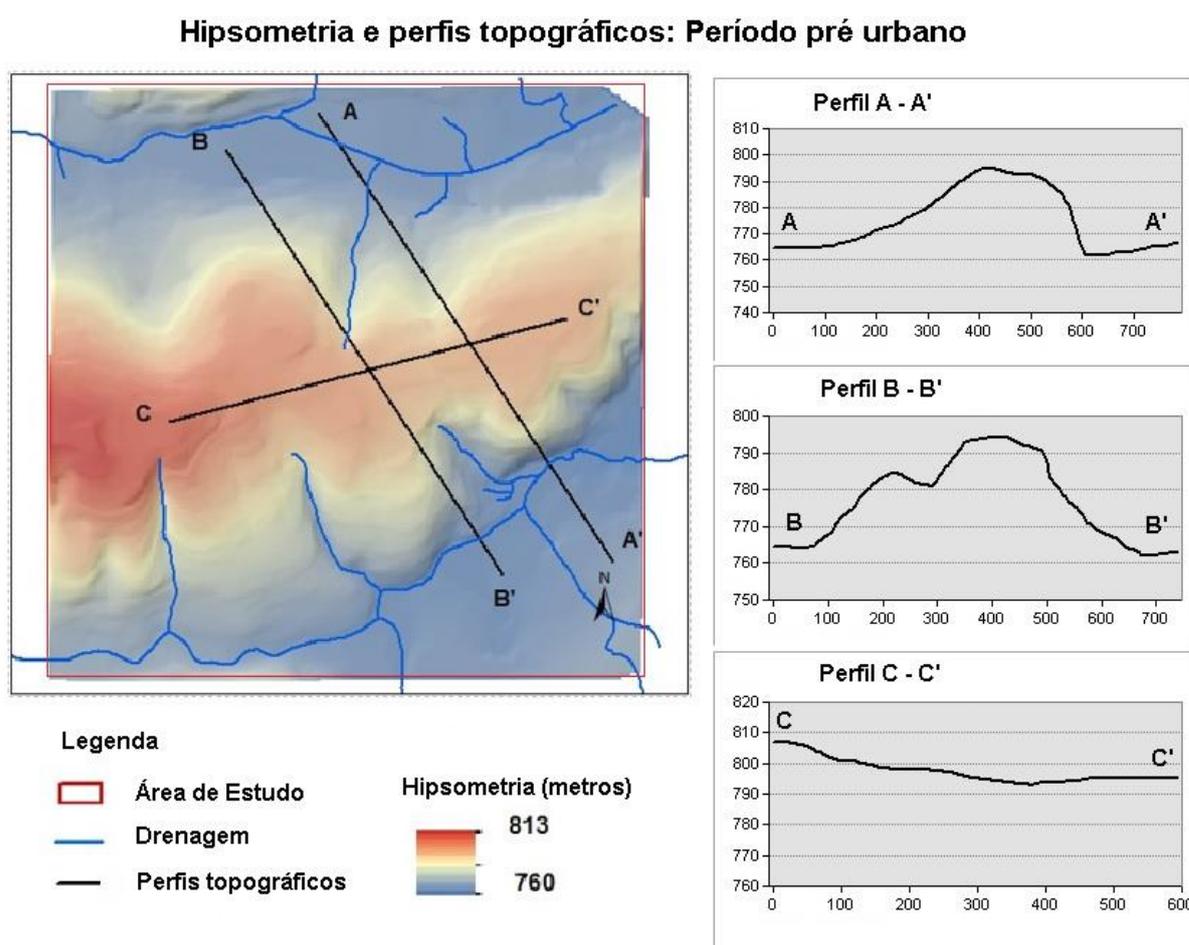


Figura 20: Mapa hipsométrico da área de estudo representativo do período pré urbano, com perfis topográficos onde se demonstra a predominância de transições suaves de declividades e convexidade dos topos.

Elaboração: Eduardo Luiz Morari, 2023.

Em relação aos materiais, as modificações possíveis de serem verificadas conforme interpretação de fotografias aéreas, fotografias históricas da área de

estudo e por tipificação do uso de solo, são a remoção ou alteração da cobertura vegetal, com substituição da vegetação com poucos focos de exposição da superfície, na planície fluvial e no interflúvio. Não foi possível confirmar através de outras fontes históricas e documentais se ocorreu extração de areia na planície do córrego Floriano inserida na área de estudo, conforme a interpretação da fotografia aérea sugere (Figura 18). Há registros fotográficos de atividades relacionadas à olaria na planície do córrego Floriano, conforme Figura 21.

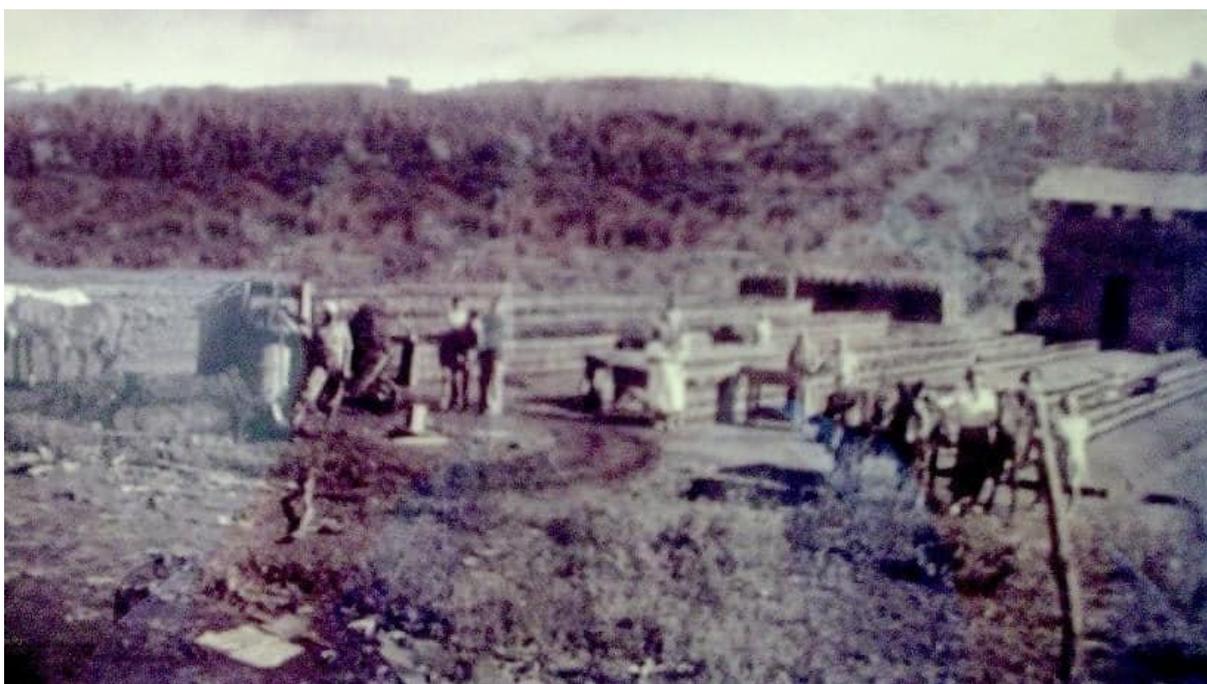


Figura 21: Olaria em 1946. Localizada na atual Avenida Dona Ruyce Ferraz Alvin, Planície do Córrego Floriano.

Fonte: Centro de Memória de Diadema.

Conforme Nir (1983) aponta, a fase pré-urbana de um local, mesmo quando apresenta aspectos de uso rural, tendem ao equilíbrio com o *steady state* geomorfológico, assim, predominam nessa fase os processos originais [do Planalto Paulistano e Planícies Fluviais da Bacia do Tamanduateí, que nas áreas de interflúvio estão associados ao predomínio de pedogênese com suscetibilidade a movimentos de massa. O escoamento superficial e subsuperficial são determinados então pela geometria da topografia original,

sendo assim caracterizado por dispersão e infiltração (escoamento subsuperficial) nas declividades médias e nos setores convexos. Nos setores côncavos a tendência é de concentração dos fluxos hídricos, onde podem ocorrer nichos de nascentes e o escoamento superficial concentrado. As planícies fluviais desempenham papel de armazenamento temporário das águas, onde podem ocorrer inundações, tal como apontado por Moroz e Rodrigues (2017).

7.2 Cartografia geomorfológica do Período pré-urbano

A representação cartográfica da geomorfologia do período pré-urbano pode ser verificada no Mapa da geomorfologia original (Figura 22) na escala 1:5.000, partindo da representação das áreas do interflúvio e das planícies fluviais. Estes constituem elementos do Quarto Táxon da proposta de Ross, *Tipos de formas de relevo*. Seguindo para os elementos do Quinto Táxon, tipos de vertentes, buscou-se valorizar aspectos do interflúvio representando as áreas de topos convexos, colos e os setores côncavos das vertentes, este último por ser importante indicador de processos hidrológicos, como nascentes. Para os elementos aqui considerados indicadores de processos do 6º Táxon, optou-se por representar a linha de cumeada e a drenagem original. Os dados morfométricos foram representados pelas curvas de nível.

Geomorfologia Pré-Urbana

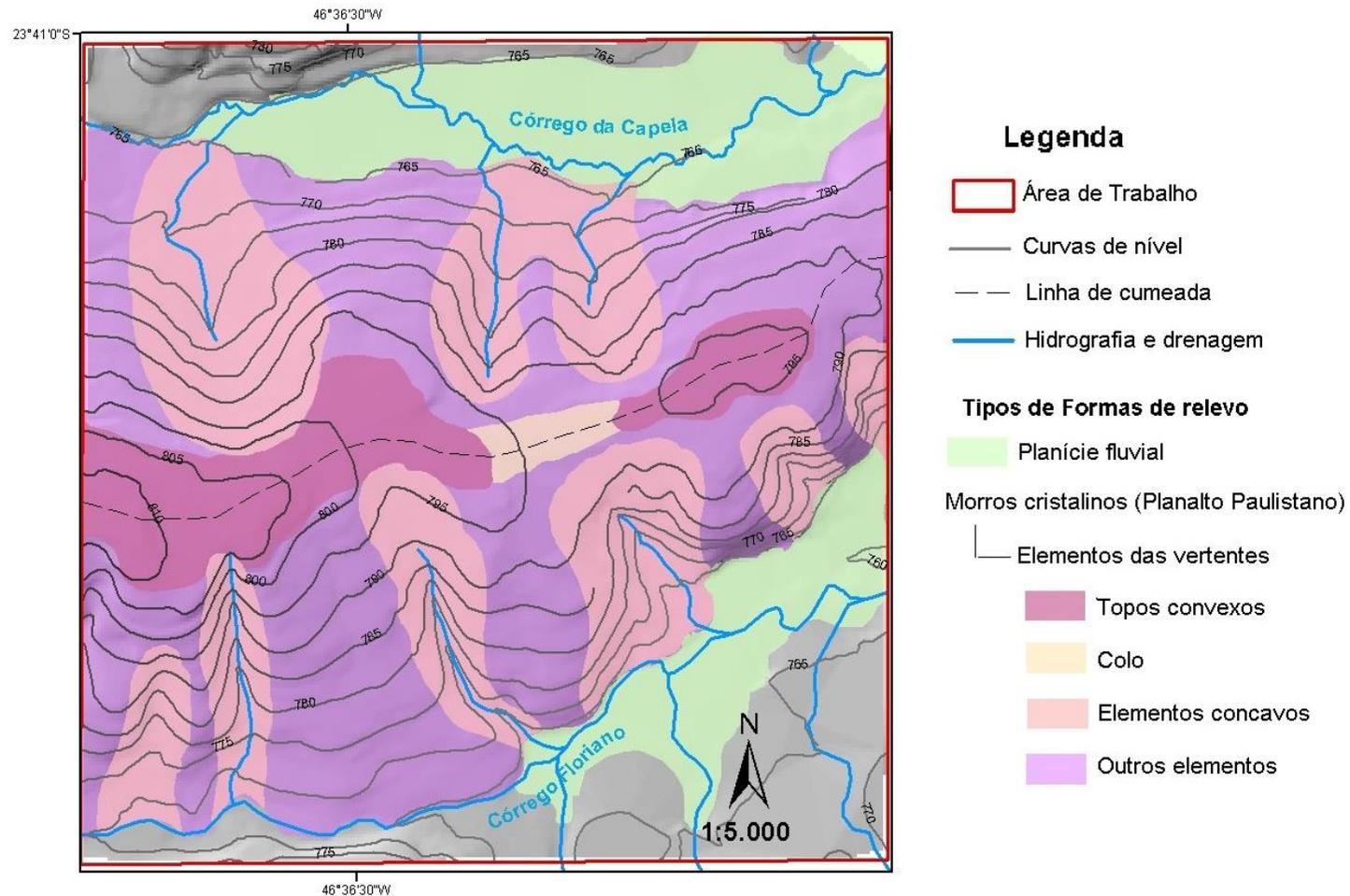


Figura 22: Geomorfologia pré urbana ou original da área de estudo. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

7.3 Geomorfologia antropogênica - fase de urbanização ativa (1961 - 2002)

O Início da urbanização e industrialização do município de Diadema está relacionado ao contexto de um novo ciclo de desenvolvimento econômico em âmbito nacional, que ocorreu entre 1933 e 1980 (SUZIGAN, 2000). Após a emancipação de Diadema em 1959, sua primeira lei de uso e ocupação do solo, de 1961, destinou 74% de sua área para atividades industriais. Neste período, o crescimento demográfico de Diadema alcançou seu maior desenvolvimento, estimado em 103.319 habitantes, cuja taxa de crescimento foi a mais alta de todos os municípios do Estado de São Paulo, registrado em 544% na década de 1960 (ANDRADE, 1979). Iniciada na mesma década, a transformação do uso rural para o urbano e industrial modificou o interflúvio através dos nivelamentos topográficos por cortes e aterros nos topos, elaborando nas vertentes, inclusive, patamares antropogênicos. Estes procedimentos de terraplanagem ou autoconstrução visaram a adequação do terreno para a instalação de galpões industriais e habitações (Figura 23). Nas planícies fluviais iniciou-se a retificação e tamponamento dos córregos, consolidando também as estradas e trilhas em avenidas, ruas ou vielas (Figura 24).



Figura 23: Mosaico de fotografias relativas ao período de urbanização ativa: a) vertentes e planície do córrego da capela modificados por cortes e aterros na década de 1960, segundo IBGE (2022); b) Em 1973, aterro para fins industriais sobre a planície do córrego da capela, com taludamento, de acordo com CMD (2022); c) Rua Dalva, na década de 70, na Bacia do Córrego da Capela, nota-se ao fundo da imagem uma encosta escavada e no primeiro plano dutos de cimento relacionados ao tamponamento do córrego; d) na imagem canto superior direito, observa-se um patamar de corte e aterro e no primeiro plano exposição do solo aos agentes climáticos; e) e f) Loteamentos na década de 1970, com rápido desenvolvimento do município principalmente pela atividade industrial, o que atraiu grande número de pessoas, que de modo muitas vezes precário ocuparam os terrenos sem manejo adequado. **Fonte:** Mario Moreno, CMD, 2022.



Figura 24: Fotografias relativas às intervenções nos córregos: a) Década de 1970, atual avenida Dr. Ulysses Guimarães, na altura da Rodovia dos Imigrantes, com dutos de cimento relacionados ao tamponamento e canalização do Córrego Floriano; b) Obras relacionadas à retificação do córrego da capela, notar que ambas as fotos indicam exposição de material aos agentes climáticos no período de urbanização ativa.

Fonte: CMD (2022).

No início da década de 1970, as obras para a implementação da Rodovia dos Imigrantes modificaram a topografia do interflúvio por meio de escavações, terraplanagem e aterros (Figura 25) Parte do material remobilizado pode ter sido direcionado para as vertentes na forma de plataformas de aterro, necessárias como suporte para sustentação dos viadutos da Rodovia dos Imigrantes sobre as planícies

fluviais (OLIVEIRA; MONTICELI, 2018). Em 2000, na planície do Córrego da Capela, foram iniciadas as escavações para o piscinão Ecovias-Imigrantes, que foi inaugurado em 2002 (Figura 26). Embora localizado em Diadema, o reservatório objetiva o controle de enchentes a jusante, na planície do Ribeirão dos Couros, no município de São Bernardo do Campo. Esta intervenção, segundo relatório técnico fornecido pelo DAEE (2002), afetou uma área de 15 mil metros quadrados, sendo o volume de material escavado de 201 mil metros cúbicos.

Evolução da Hipsometria

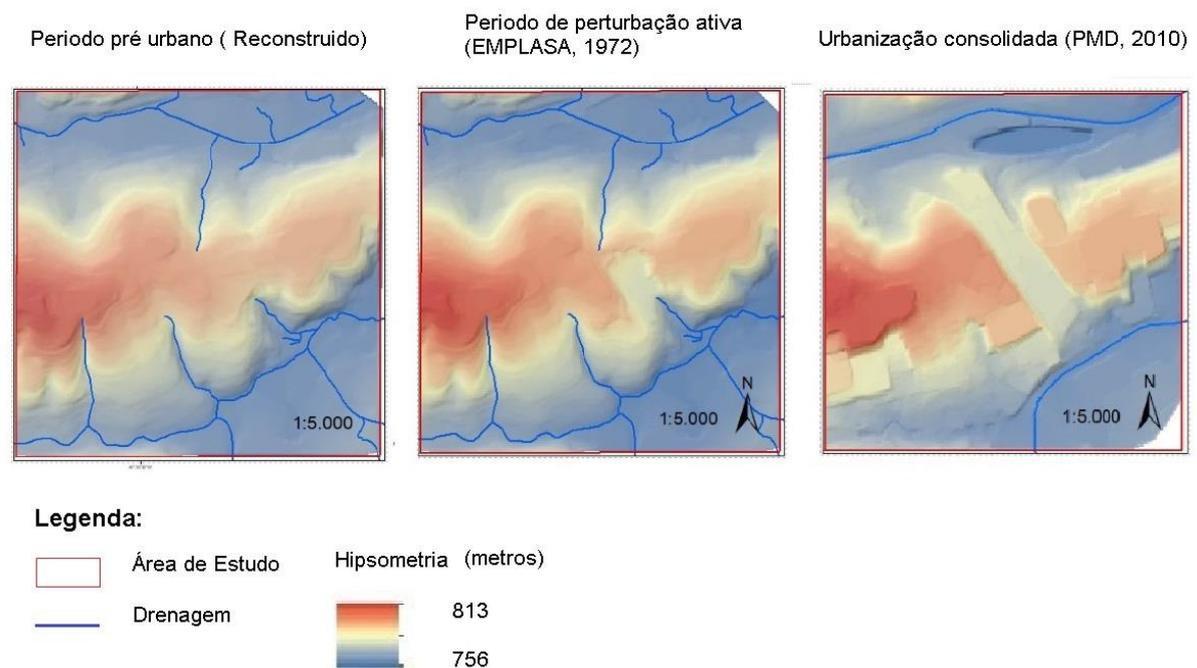


Figura 25: Evolução da hipsometria da área de estudo. A hipsometria do período de perturbação ativa com referência à carta topográfica da EMLASA de 1972 revela sinais topográficos das escavações no interflúvio para implementação da Rodovia dos Imigrantes. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.



Figura 26: Intervenção na planície do córrego da capela para construção do piscinão. a) Início das escavações; b) Inauguração do piscinão em 2002. **Fonte:** Modificado de DAEE, 2002.

Neste período de urbanização ativa, a intensa movimentação de materiais na elaboração de uma nova configuração topográfica e hidrográfica expôs às condições climáticas os materiais superficiais constituintes dos interflúvios (perfis de Cambissolos, Argissolos) e das planícies fluviais (sedimentos holocênicos e Neossolos Flúvicos), conforme Figuras 23 e 24. Assim, no processo de urbanização ativa, aumentou-se a erodibilidade das vertentes, e conseqüentemente maior volume de materiais mobilizados em eventos chuvosos ocorreu em direção às planícies quando somado à ocupação dos leitos menores e maiores dos córregos, ocasionando cheias com maior frequência e abrangência, fenômeno comum na ocupação das áreas urbanas densamente ocupadas (MOROZ; RODRIGUES, 2017).

7.4 Período de urbanização consolidada (2002 - atual)

Este período foi marcado pela consolidação e manutenção das principais modificações topográficas e hidrográficas ocorridas na fase de urbanização ativa (Figura 27). Nas vertentes, entre as formas positivas se consolidaram os patamares de aterro e entre as formas negativas os patamares de corte, assim como o colo antropogênico relativo à Rodovia dos Imigrantes. Já nas planícies fluviais, se consolidam as formas positivas oriundas dos aterros relacionados a arruamentos, instalações industriais e à retificação do Córrego da Capela e canalização do Córrego Floriano. Na Planície Fluvial do Córrego da Capela, configura-se um exemplo de forma negativa a área escavada para a implantação do piscinão.

Com auxílio dos perfis topográficos extraídos dos MDEs de antes e depois das intervenções, foi possível verificar os resultados morfológicos das mesmas (Figura 28). As altitudes médias sofreram redução de 15 a 20 metros no trecho de corte da Rodovia dos Imigrantes, resultando em um colo antropogênico. Na área referente ao Piscinão ocorreram reduções topográficas de 10 a 15 metros. Ao sobrepor-se os perfis originais e atuais das áreas modificadas, são vistas as formas antropogênicas positivas e negativas e a substituição das transições de declividade suaves do modelado original por rupturas de declividades e taludes.



Figura 27: Mosaico de fotografias do período de urbanização consolidada: a) Patamares de aterro sobre vertente e planície fluvial realizados para dar sustentação ao viaduto da Rodovia Imigrantes; b) Patamar de aterro; c) Colo antropogênico relacionado às escavações da Rodovia Imigrantes; d) Piscinão Ecovias-Imigrantes, com área rebaixada na planície fluvial por escavação (forma negativa) na planície fluvial ; e) Planície fluvial impermeabilizada do Córrego Floriano canalizado; f) Trecho do córrego da capela retificado com vertedouro de fluxo para o Piscinão. **Fotografias:** Eduardo Luiz Morari.

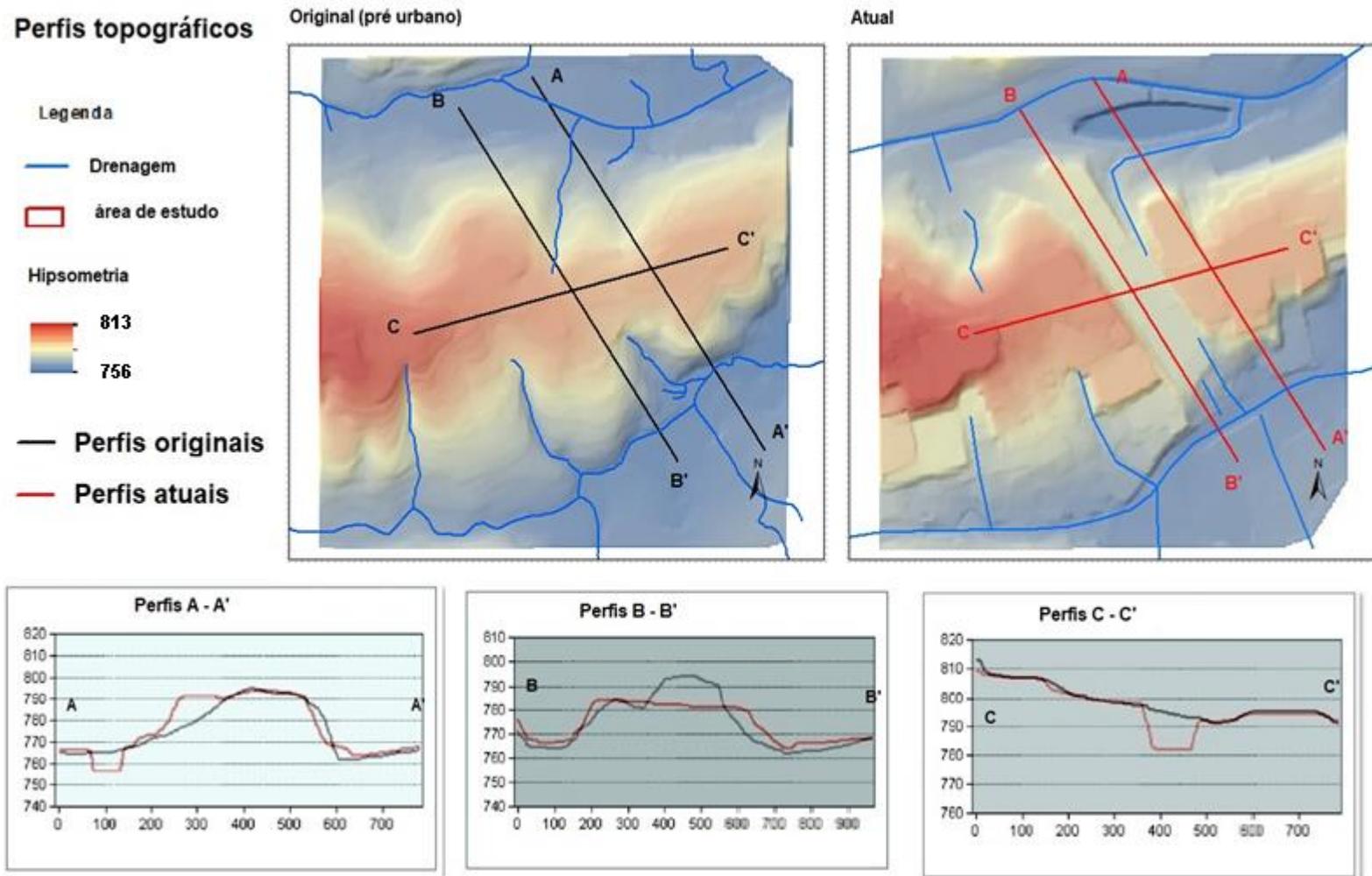


Figura 28: Comparação através de modelos digitais de elevação e perfis topográficos relativos aos períodos pré e pós urbanização. Na comparação do perfil A-A' é possível visualizar a forma negativa oriunda da escavação do piscinão com elaboração de taludes, assim como aterros na vertente suprimindo uma transição suave por rupturas de declividade e talude; nos perfis B-B' e C-C' é possível verificar as modificações morfológicas oriundas da Rodovia dos Imigrantes. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

Os resultados obtidos pelo *Arcgis Surface Difference*, listados no quadro 1, para um intervalo de 30 anos (1972-2002), apontam que no interflúvio as formas antropogênicas de maior importância foram as formas negativas, correspondendo a 55% da área afetada (259.557 m²), sendo o material mobilizado estimado em 716.521 m³. As formas positivas corresponderam a 44% da área do interflúvio e apontaram a mobilização de 413.764 m³. As formas pré-urbanas preservadas corresponderam atualmente a uma área de 3.938 m², isto é, 0.8% da área total.

Sistema	Area (m ²)	%	Volume mobilizado (m ³)	%
Interflúvio	471.677	100	1.130.285	100
Formas positivas	208.182	44.1	413.764	36.6
Formas negativas	259.557	55	716.521	63.3
Formas pré-urbanas	3.938	0.8	-	-
Planície Córrego da Capela	96.455	100	291.998	100
Formas positivas	78.235	81	232.549	79.6
Formas negativas	18.172	18.8	59.449	20.3
Formas pré-urbanas	48	0.04	-	-
Planície Córrego Floriano	93.400	100	324.960	100
Formas positivas	89.086	95.3	322.228	99.1
Formas negativas	3.634	3.8	2.732	0.8
Formas pré-urbanas	680	0.7	-	-
Total	661.532	-	1.747.243	-

Quadro 1. Valores estimados da área afetada e do volume de material mobilizado em relação às categorias de formas antropogênicas. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

Na Planície do Córrego da Capela, as formas positivas foram as de maior ocorrência, cuja área (78.235 m²) correspondeu a 81% da Planície. O valor estimado na mobilização de materiais para este acréscimo topográfico foi de 235.549 m³. As formas negativas corresponderam a uma área de 18.172 m², com mobilização de 59.449 m³ de materiais. As formas pré-urbanas praticamente foram inexistentes.

Na área correspondente à Planície do Córrego Floriano, as formas positivas caracterizaram 95% das modificações antropogênicas, com 322.228 m³ de materiais

mobilizados. Assim, como na Planície do Córrego da Capela, as formas pré-urbanas remanescentes expressaram praticamente categorias inexistentes.

Neste período de urbanização consolidada, se identificaram novos materiais na cobertura dos solos por materiais relacionados às construções civis e industriais, calçamentos e logradouros, oriundos da retirada e deposição por máquinas pesadas e novos processos de denudação e acumulação de origem antropogênica. Estes ainda podem ser *intencionais*, como a impermeabilização (revestimento) e o escoamento superficial concentrado; e *não intencionais*, como o assoreamento e a tendência de infiltração de água em áreas não impermeabilizadas (cobertura vegetal) (Figura 29).

As áreas impermeabilizadas estão relacionadas ao uso e ocupação do solo, modificam o processo de pedogênese (NIR, 1983) e são importantes no novo sistema de drenagem, onde, por exemplo, no interflúvio atuam no *escoamento superficial concentrado* induzido pelo meio fio dos logradouros com percursos perpendiculares às curvas de nível assim como os caminhos de drenagem artificial elaborada sobre a nova topografia construída (Figura 30).

A estrutura rebaixada do piscinão em relação ao nível da planície fluvial e do talvegue do Córrego da Capela surge como uma área de assoreamento (processo de acumulação não intencional) (Figura 31), cuja manutenção periódica é necessária para sua funcionalidade. De acordo com dados fornecidos pelo DAEE, entre 2012 e 2022 (período de dez anos), 40.438 metros³ de material assoreado foram retirados. Sendo a capacidade do piscinão de comportar 120.000 metros³ de sedimentos (DAEE, 2017), sem a retirada do material assoreado este em 30 anos perderia sua função.



Figura 29: Cobertura vegetal sobre patamar antropogênico. Tendência de infiltração das águas.
Fotografia: Eduardo Luiz Morari, 2023.



Figura 30: Exemplo de escoamento superficial concentrado intencional sobre caminho de drenagem artificial construído sobre o patamar de aterro relacionado a Rodovia dos Imigrantes. **Fotografia:** Eduardo Luiz Morari



Figura 31: Fundo do piscinão com material assoreado coberto por vegetação. **Fotografia:** Eduardo Luiz Morari

Nas planícies fluviais, a capacidade de armazenamento de água é alterada pela impermeabilização, ocorrendo uma rápida saturação dos solos nas áreas de cobertura vegetal, favoráveis à infiltração. Assim, as estruturas urbanas e seus materiais estão sujeitos às condições climáticas ou da dinâmica original do modelado, o que ocasiona patologias de engenharia de origem ambiental, como por exemplo colapso do talude do piscinão ocorrido em 2017 (Figura 32). Segundo relatório DAEE, a saturação de água do solo aluvial pressionou o talude do piscinão, ocasionando seu rompimento (DAEE, op. cit.).



Figura 32: a) Rompimento do talude em 2017 (DAEE 2017); b) Obra de engenharia para recuperação do talude concluída. **Fotografia:** Eduardo Luiz Morari, 2022.

Também é importante mencionar que os materiais das estruturas civis, como habitações de casas e prédios, estão sujeitos às condições climáticas de elevada pluviosidade e podem sofrer processos que se assemelham a ambientes cársticos de infiltração, como a solubilização e precipitação de minerais, a exemplo do carbonato de cálcio resultante da dissolução do concreto (FRANCKE et al., 2020).

7.5 Mapas geomorfológicos a partir da urbanização consolidada

Para a representação cartográfica do período de urbanização consolidada, partindo do princípio de que é representável a intervenção antropogênica no modelado a partir do Quarto Táxon, foram delimitadas as formas negativas e formas positivas, identificadas e representadas a partir dos resultados qualitativos da Diferenciação de Modelos Digitais de Elevação no Mapa da Diferença de Superfície (Figura 33).

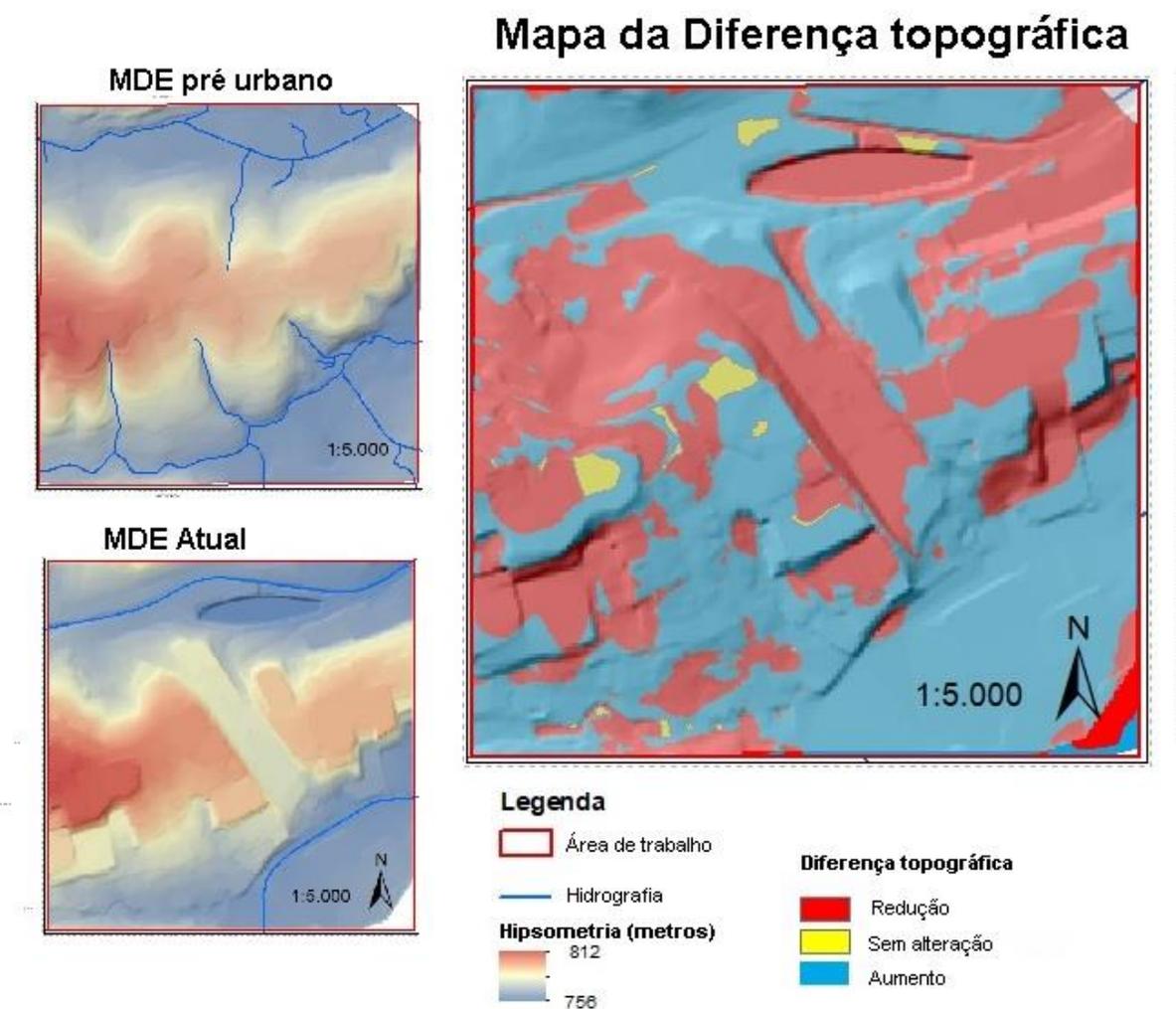


Figura 33: Mapa da diferença topográfica. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

. Estes dados qualitativos possibilitaram a elaboração de dois produtos cartográficos na escala 1:5000. O primeiro, o Mapa da Geomorfologia Antropogênica Urbana Consolidada (Figura 34), parte das modificações topográficas positivas: *formas positivas ou de acumulação*; e negativas: *formas negativas ou de escavação*. Estas modificações, consideradas elementos do Quarto Táxon, são representadas em padrões hachurados distintos. Para os elementos do Quinto Táxon aqui considerados, que compõem os elementos das vertentes e da planície fluvial, foram selecionados para representação as principais modificações negativas e positivas verificadas em campo, categorizadas em plataformas de aterro, planície fluvial modificada por aterro, topos aplainados, plataformas de escavação, reservatório (piscinão), colo antropogênico (Rodovia dos Imigrantes), e planícies e vales fluviais modificados por escavação. Outros elementos das vertentes de origem antropogênica representados foram as rupturas de declividade côncavas e convexas, assim como os taludes, representados por elementos lineares. Para os processos antropogênicos atuantes, foram considerados duas categorias: intencionais e não intencionais, subdivididas em formas de acumulação e de denudação. Das intencionais, foram representados o escoamento superficial concentrado (denudação) e a impermeabilização (acumulação). Dos processos não intencionais, foram representados o assoreamento (acumulação) e a cobertura vegetal, enquanto considerada como área de infiltração das águas (denudação nas vertentes e acumulação nas planícies). A drenagem foi representada em retificada, tamponada e pouco modificada, cujos dados morfométricos foram representados pelas curvas de nível.

Geomorfologia Antropogênica Urbana Consolidada

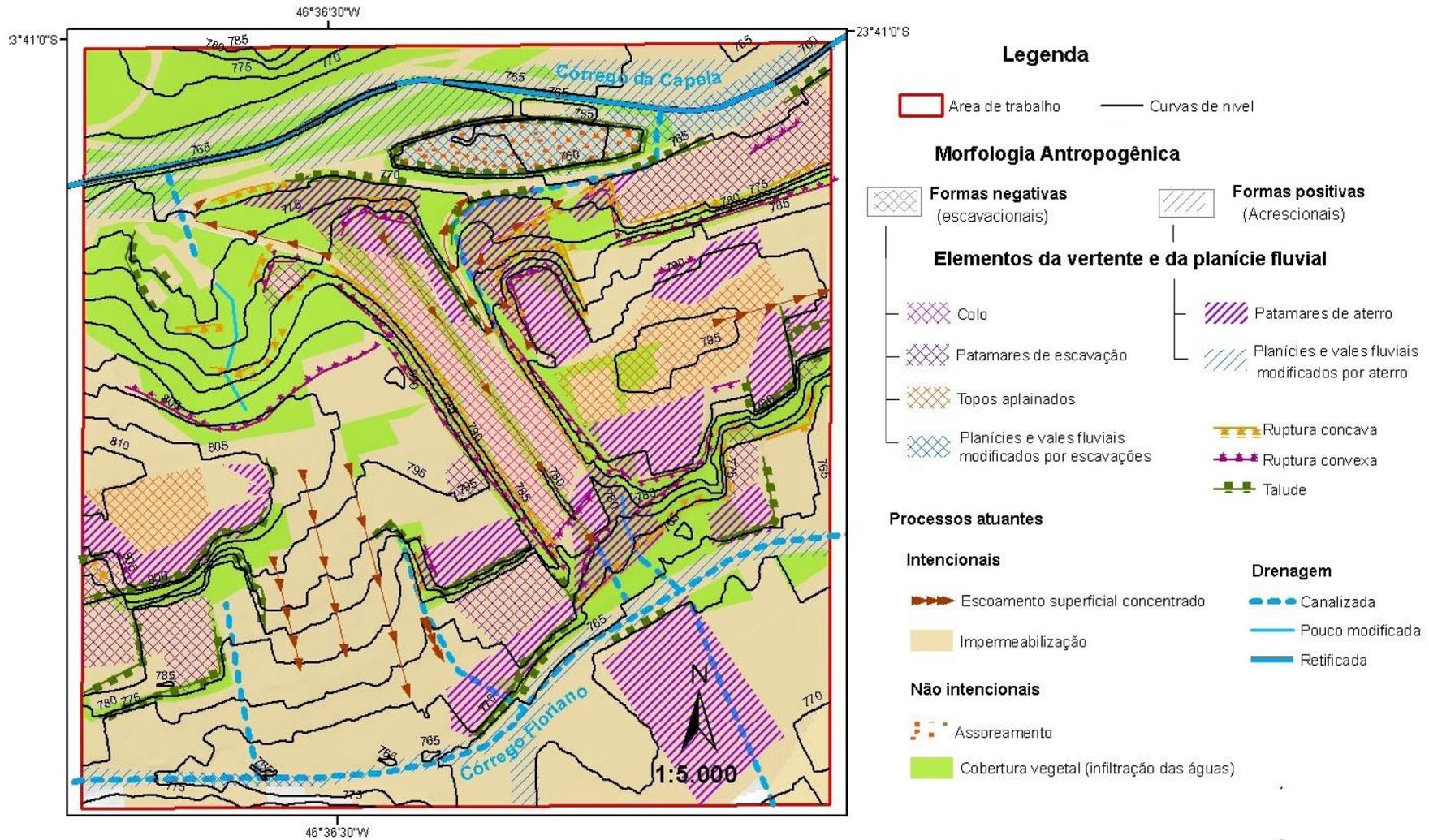


Figura 34: Mapa da Geomorfologia Antropogênica Urbana Consolidada. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari, 2023.

O segundo produto cartográfico consistiu no Mapa de Sobreposição da Morfologia Original e Antropogênica (Figura 35), síntese ou sobreposição das morfologias pré urbanas e urbanas atuais. Como já dito, partiu-se do princípio de que as formas antropogênicas podem ser representadas a partir do Quarto Táxon, sendo então a morfologia antropogênica representada nas áreas de ocorrência das formas negativas e positivas. Já a morfologia original foi representada pelas áreas da planície fluvial e do interflúvio, onde a drenagem pré-urbana e de urbanização consolidada também foram sobrepostas. Para a representação de dados morfométricos, foram mantidas as curvas de nível da urbanização consolidada.

Mapa da Morfologia original e antropogênica

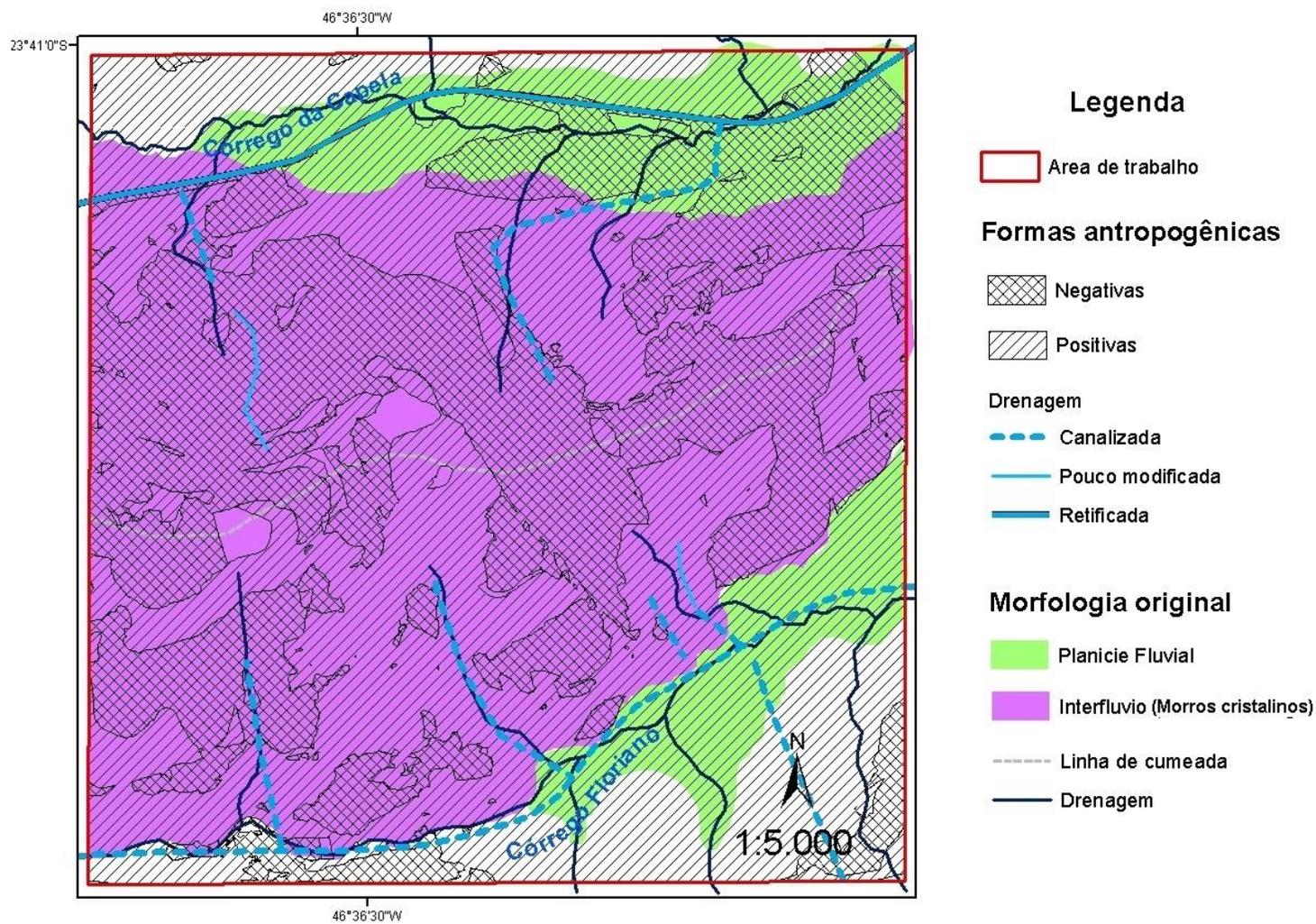


Figura 35: Mapa com a sobreposição das morfologias originais e antropogênicas. **Elaboração:** Eduardo Luiz Morari 2023.

8. Conclusões

Os resultados do presente estudo e o enquadramento proposto corroboram para o entendimento de que a ação humana tem alcançado níveis importantes na capacidade de movimentação de materiais, o que implica tanto na elaboração de novas configurações tridimensionais quanto na remobilização de materiais superficiais e formação de novos processos no ambiente modificado, como pode ser exemplificado pelas escavações relativas às obras da Rodovia dos Imigrantes no interflúvio pesquisado e no piscinão da planície do Córrego da Capela, intervenções que não encontram paralelo nas características e processos originais desta área de Diadema-SP.

Nas pesquisas voltadas à geomorfologia antropogênica, a abordagem retrospectiva se mostra indispensável para o entendimento da evolução das intervenções antrópicas no modelado de relevo, podendo ser investigada segundo os períodos de pré-perturbação, perturbação ativa e de consolidação, apoiando-se principalmente no levantamento histórico das fontes cartográficas e documentais e na literatura, além de levantamentos de campo. Sendo assim, a abordagem retrospectiva e histórica nos estudos voltados à geomorfologia antropogênica se mostra muito eficiente na reconstrução e caracterização da ação humana iniciando pelo período de pré-urbanização e considerando o tripé geomorfológico forma, material e processos. Os resultados condizem com a caracterização das diferentes intensidades de perturbação do *steady state* geomorfológico para cada fase de urbanização, sendo naturalmente o estágio de urbanização ativa o de maior impacto sobre os sistemas geomorfológicos aqui investigados.

O uso de Modelos Digitais de Elevação e de Sistemas de Informação Geográfica como técnicas de auxílio na abordagem retrospectiva tornam-se

fundamentais, pois há necessidade da identificação e mapeamento da morfologia antropogênica de acordo com interpolações geográficas, quantificação das modificações no terreno e diagnóstico qualitativo das intervenções humanas na superfície modificada, além da abordagem taxonômica na classificação e representação cartográfica. Nesse contexto, o uso de tecnologias SIG se mostram muito úteis na sobreposição de informações cartográficas e extração de dados qualitativos e quantitativos, como por exemplo a elaboração de perfis topográficos comparativos e da Diferença de Modelos Digitais de Elevação. Considerando o antes e depois da perturbação, foi possível o reconhecimento das formas *positivas* e *negativas* e estimar o volume de material mobilizado, apontando numericamente a intervenção antrópica diante das obras realizadas em interflúvio e planície considerados.

A espacialização das modificações antropogênicas, como o Mapa das Diferenças Topográficas, espacializando as áreas onde ocorreram a retirada e a acumulação de materiais, junto com verificações em campo, se tornaram uma importante referência para utilizar a abordagem taxonômica do relevo, o que possibilitou hierarquizar e mapear as formas e processos antropogênicos. Procedimentalmente, partiu-se do 4º Táxon (tipos de formas de relevo) elencando duas categorias básicas, as *formas positivas* e *formas negativas*, enquanto os outros Táxons foram adequados à setorização das formas antrópicas (5º Táxon) e à identificação dos processos atuantes (6º Táxon), estes delimitados em intencionais ou não intencionais.

Os resultados demonstraram a forma diferenciada da ação geomorfológica humana no modelado, tanto na capacidade de movimentação de materiais quanto nas novas configurações tridimensionais e processos resultantes. Entre 1972 e 2002, as

intervenções antrópicas verificadas no terreno da área de estudo indicaram que as formas negativas, ou aquelas em que há redução topográfica na superfície, tiveram menos impacto nas planícies fluviais do que nos interflúvios; já as formas positivas, ou as modificações humanas que provocaram aumento topográfico na superfície, foram mais significativas nas planícies fluviais do que no domínio dos interflúvios, fenômenos medidos por área de movimentação do terreno e quantidade de materiais mobilizados em m³.

Os produtos cartográficos gerados (Mapas da Geomorfologia Original, Mapa da Geomorfologia Urbana Consolidada e Mapa da Sobreposição das Morfologias Originais e Antropogênicas), considerando a complexidade que o mapeamento geomorfológico exige, buscam atender uma demanda dos diferentes campos do conhecimento quanto aos resultados dos estudos geomorfológicos considerando as atividades humanas, principalmente relativos às áreas de grande concentração e circulação de pessoas e elevados índices pluviométricos, características compartilhadas por grande parte das áreas urbanizadas do país. Esta situação requer constante acompanhamento e estudo, seja por levantamento sistemático, seja por monitoramento.

9. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, T. D. P. Notas de Aulas. Construção de Edifícios I, Fundações Superficiais e profundas. Universidade Federal do Ceara. Departamento de Engenharia e Estrutural e Construção Civil. 2003.

ANDRADE, Margarida Maria. Diadema: uma área de expansão da Indústria na Metrópole Paulistana. (Dissertação de mestrado) Departamento de Geografia - Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas - Universidade de São Paulo. 1979.

BATISTA, S.C. Conversa cartográfica: Processo de expansão urbana na metrópole paulistana e unidades geomorfológicas de média escala. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Monografia de Conclusão de Curso, 176 p. 2002.

BARTORELLI, A.(org.) Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas no Brasil: a contribuição de Murillo Dondici Ruiz.1ª edição. São Paulo. ABGE. 2017

BROWN. E. H. Man Shapes the Earth. Geographical Journal. Vol 3 No 1. Royal Geographical Society. 1970

CASSETI, V. Geomorfologia. Fundação de Apoio a Pesquisa – FUNAPE/UFG, 2001.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_154.html>

CPRM. Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e Inundações: Município de Diadema SP. 2013.

Disponível em: [Departamento de Águas e Energia Elétrica](#)

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica - Secretaria de Recursos hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo. Relatório final de obras: Reservatório de Retenção de Cheias – RC-6/ECOVIAS IMIGRANTES –.2002.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica - Secretaria de Recursos hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo. Memorial Descritivo de Cálculo do

Projeto Geotécnico: Reservatório de Retenção de Cheias – RC-6/ECOVIAS Imigrantes.2017.

DIADEMA (SP). Prefeitura Municipal. Diadema. Caminhos e lugares. centro de Memória, Departamento de Cultura, 1999.

DÉNES, L.; ERVIN, P. Mapping direct human impact on the topography of Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 53, n. SUPPL. 2, p. 215–222, 2009.

DIAO, C. An approach to theory and methods of urban geomorphology. *Chinese Geographical Science* volume 6.1995.

DOUGLAS, I. The Geomorphology of the Cities. In: *The Urban Environment*. London. Edward Arnold. 1983.

FONSECA, Silmara Cristiane. Diadema e o Grande ABC: expansão industrial na economia de São Paulo. In: ALVES, Alexandre et al. *Diadema nasceu no Grande ABC: história retrospectiva da Cidade Vermelha*. São Paulo: Humanitas. 2001.

FRANCKE, A.; HOLTVOETH, J.; CODILEAN, A. T.; et al. Geochemical methods to infer landscape response to Quaternary climate change and land use in depositional archives: A review. *Earth-Science Reviews*, v. 207, n. May, p. 103218, Elsevier. 2020.

GERASIMOV, Innokente Petrovich. Essai D'interpretation geomorphologique du scheme general de la structure geologique de URSS. *Problem de Geographe Physique*.v. 12. 1946.

GRIFFITHS, J. S., SMITH, J. MIKE, PARON, P. Introduction to applied Geomorphological Mapping. *Developments in Earth Surface Process*, Volume 15. Elsevier. 2011.

GROSTEIN, Marta Dora. Cidade clandestina: os ritos e os mitos; o papel da "irregularidade" na estruturação do espaço urbano no município de São Paulo, 1900-1987. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987

GOUDIE A, VILES HÁ. *Geomorphology in the Anthropocene*. New York: Cambridge University Press.2016.

GOUVEIA, I.C.M. C. Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A. C. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77(1-2),. 2006

HAFF, Peter. Neogeomorphology, Prediction, and the Anthropic Landscape. Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series. 135. 10.1029/135GM02. 2003.

HAIGH M. J. Evolution of Slopes on Artificial Landforms. University of Chicago, Blainarch, UK. Dept Geol Res Papers 183. 1978.

HOOKE, R, L. On the efficacy of humans as geomorphic agents. *USA Today* 4, 1994.

HOWARD, J. Anthropogenic Soils. Springer, New York. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da Vegetação do Brasil, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal Cidades, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/diadema>

IF (Instituto Florestal do Estado de São Paulo). Percentual de cobertura vegetal nativa por município 2013.

Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>

IPT. Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo. Mapa Geomorfologico do Estado de São Paulo, São Paulo, Vol. 1 e 2. Serie Monografias IPT, 1981.

JAMES, L. A, HODGSON M. E, GHOSHAL S, LATIOLAIS M. M. Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing: The temporal dimension of geospatial analysis. *Geomorphology*, 137. 2012

LEE, E. M, Geomorphological Mapping. In: Griffiths, J. (ed), *Land Surface Evaluation for Engineering Practice*, Vol. 18. Geological Society Engineering Geology Special Publication. 2001.

LI, J., YANG, L., PU, R., & LIU, Y. A review on anthropogenic geomorphology. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1). 2016.

LÓCZY, D. and SÜTÖ, L. (2011). Human agency and geomorphology. In *The SAGE Handbook of Geomorphology*, ed. K. J. Gregory and A. S. Goudie. Sage: London. 2011.

LUZ, R. A. 2014. Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 2014.

LUZ, R. A. DA; RODRIGUES, C. Reconstituição Geomorfológica De Planícies Fluviais Urbanizadas: O Caso Do Rio Pinheiros, São Paulo - Sp. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 1, p. 47–57, 2013.

MARQUES, J.S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

MESCERJAKOV, Ju. P. Les Concepts de morphostructure et de morphosculture, un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. *Annales de Géographie*, v. 77, n. 423. 1968.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – RMSP. GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1. 2017.

NIR, D. Man, A Geomorphological Agent: An Introduction to Anthropic Geomorphology. Keter Publishing House, Jerusalem, 1983.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, n.16, p.24-31, 2005.

PENK, W. Morphological Analysis of Landforms. MacMillianand Co., London, 1953.

PRICE, S. J.; FORD, J. R.; COOPER, A. H.; NEAL, C. Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369. 2011.

RODRIGUES, C. On Anthropogeomorphology. In: Regional Conference on Geomorphology, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, IAG/UGB, 1999.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo a leituras geográficas. in Geografias de São Paulo: Representações e crise da metrópole, vol.1: CARLOS, A. F. A. e OLIVEIRA, A. U. (org), Ed. Contexto, São Paulo, p. 89-114. 2004

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 17, p. 101-111, 2005.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, Lylian D Z. Urbanization and geomorphologic changes in humid tropical environment: methodological proposal for Sao Paulo/Brazil. In: Sixth International Conference on Geomorphology, 2005, Zaragoza. Proceedings Sixth International Conference on Geomorphology, 2005.

RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; DA LUZ, R. A.; et al. Anthropocene and geomorphological changes: Fluvial systems in the centenary

Urbanization process of São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, v. 40, n. 1, p. 105–123, 2019.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. *Geomorfologia: Ambiente e planejamento*. Editora Contexto. São Paulo. 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, n.6, p.17-29. 1992.

ROSS, J. L. S. Inundações e Deslizamentos em São Paulo: Riscos da Relação Inadequada Sociedade Natureza. *Revista Territorium*, P. 15-23, n.8, 2001

ROSS, J. S. Suporte da Geomorfologia Aplicada: Os Táxons e a Cartografia do Relevo (Palestra). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IV, São Luís - MA, Anais. São Luís, 2002.

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

SILVA, T. M. Raízes do Mapeamento geomorfológico e perspectivas atuais. *Humbolt – Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro. V. 1. N. 2. 2021.

SILVA, J. P. 2005. Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 122 p. 2005.

SILVA, J. D. P.; RODRIGUES, C. Avaliação histórica de taxas de colmatagem e sua relação com a evolução da urbanização em bacias hidrográficas pareadas em Guarapiranga-SP. *GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)*, v. 22, n. 1, p. 172–190, 2018.

SZABO J. Anthropogenic geomorphology: subject and system. In: Szabó J, Dávid L, Lóczy D (eds) *Anthropogenic Geomorphology*. Dordrecht: Springer. 2010.

SUZIGAN, Wilson. *Industrialização Brasileira em perspectiva histórica. História econômica & história de empresas*. III .2 (2000)

SUMMERFIELD, W. D. Global geomorphology: an introduction to the study of landforms. Edinburgh: Longman, 1991.

TOY, T. J.; HADLEY, R. F. Geomorphology and reclamation of disturbed lands. Academic Press, 1987.

VENEZIANI, Y. A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 298 p. 2014.

VERSTAPPEN, H. T. Old and new trends in geomorphological and landform Mapping. In: Griffiths, J. S., Smith, J. Mike, Paron, P. (Eds.) Geomorphological Mapping: A handbook of techniques and Applications Developments in Earth Surface Process, Volume 15. Elsevier. Amsterdam. 2011

WANG, T; BELLE, I; HASSLER, U. Modelling of Singapore's topographic transformation based on DEMs. Geomorphology, 231. 2015.

WILLIAMS, R.D. DEMs of Difference. Geomorphological. Techniques. 2. 2012.