

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

**ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS
ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI
(MONTE MOR/SP)**

Rodrigo Agostinho Silva de Campos

Prof^a Dr^a Cenira Maria Lupinacci

Rio Claro (SP)

2024

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

RODRIGO AGOSTINHO SILVA DE CAMPOS

ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À
MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO
MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

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

Rio Claro - SP
2024

C198a

Campos, Rodrigo Agostinho Silva de

Antropogênese do relevo associada à mineração: as alterações morfológicas no médio curso do Rio Capivari (Monte Mor/SP) / Rodrigo Agostinho Silva de Campos. -- Rio Claro, 2024

100 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientadora: Cenira Maria Lupinacci

1. Mineração. 2. Geomorfologia antropogênica. 3. Mapeamento geomorfológico. 4. Geoindicadores. I. Título.

Rodrigo Agostinho Silva de Campos

Antropogênese do relevo associada à mineração: as
alterações morfológicas no médio curso do Rio Capivari (Monte
Mor/SP)

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

Comissão Examinadora

Profª. Tit. Drª. Cenira Maria Lupinacci (DGPA/ Unesp)

Prof. Tit. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição (DGPA/ Unesp)

Profª. Ass. Drª. Melina Fushimi (DGPA/ Unesp)

Rio Claro, 22 de novembro de 2024.

Rodrigo Agostinho Silva de Campos
Aluno

Cenira Maria Lupinacci
Professora Orientadora

Ao Seu Mário Agostinho, que me inspirou a sonhar em ir até as estrelas, aos meus pais, que foram minha sustentação até aqui, à minha irmã, pela companhia, e à Laurinha, pela persistência em lutar pela vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, aos meus pais, Seu Dirnei e Dona Erica, pelo apoio irrestrito na minha caminhada de vida, pela compreensão e pela confiança depositada em mim e nas minhas escolhas.

À minha orientadora, Professora Cenira Maria Lupinacci, do Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental, grande responsável pelo meu crescimento acadêmico e pessoal, pelo tempo e esforço em me guiar durante três anos de pesquisa que culminaram neste trabalho.

Aos Professores Diego Corrêa Maia, Paulo Roberto Teixeira de Godoy e Dayana Aparecida Marques de Oliveira, pelo companheirismo na tutoria do Programa de Educação Tutorial (PET).

Ao Professor Samuel Frederico, pela oportunidade oferecida para contribuir com a pesquisa na área da Geografia Humana.

Aos Professores Fabiano Tomazini da Conceição e Melina Fushimi, pelas contribuições dadas na avaliação deste trabalho.

Aos técnicos e demais funcionários do Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental com quem dividi o ambiente de trabalho.

Ao Ministério da Educação, ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação e à FAPESP, pelas bolsas recebidas no meu período de formação que permitiram a minha permanência na universidade.

Aos colegas e amigos que estiveram comigo desde o primeiro dia da graduação, Ana Júlia Magalhães Gonçalves Dias, Danilo Roberto Fioramonte, Marina Hummel Hara, Júlia Lima dos Santos e José Diogo de Oliveira Gomes.

Às companheiras do Laboratório de Geomorfologia, com quem dividi momentos incríveis, Danielle Mota Torres Nogueira e Rafaella Aguiar Silva.

Ao Vitor, pelo afeto.

EPÍGRAFE

Selvas, montanhas e rios
estão transidos de pasmo
É que avançam terra adentro,
os homens alucinados.

.....

E, atrás deles, filhos, netos,
seguindo os antepassados,
Vêm deixar a sua vida,
caindo nos mesmos laços,
perdidos na mesma sede,
teimosos, desesperados,
por minas de prata e de ouro
curtindo destino ingrato,
emaranhando seus nomes
para a glória e o desbarato,
quando, dos perigos de hoje,
outros nascerem, mais altos.
Que a sede de ouro é sem cura,
e, por ela subjugados,
os homens matam e morrem,
ficam mortos, mas não fartos.

.....

Cecília Meireles, Romanceiro da Inconfidência.

RESUMO

Os recursos minerais, em especial a areia, são de grande importância para o desenvolvimento de diversas áreas da civilização humana. No entanto, a extração desses minerais não-metálicos é responsável por efeitos negativos ao meio ambiente. Com grande extensão dos impactos nas camadas superficiais, a prática se configura como fonte de perturbação aos Sistemas Ambientais Físicos e prejudica a dinâmica natural dos processos hídricos, vegetacionais, pedológicos e geomorfológicos. Nesse sentido, a perspectiva da Antropogeomorfologia avalia que a sociedade se torna um agente de transformação do relevo que, através da lavra de areia e argila, seria capaz de promover a descaracterização das vertentes, dos topos e dos fundos de vale, o desequilíbrio dos processos de denudação e sedimentação e a perversão da dinâmica de escoamento e infiltração. Sendo a bacia hidrográfica do Rio Capivari dentro dos limites do Município de Monte Mor (SP) a área de estudo, se faz importante uma compreensão abrangente das formas de relevo, dos fatores demográficos, históricos, econômicos e socioeconômicos. O objetivo deste trabalho é a identificação e a análise das alterações impostas pela criação de morfologias antropogênicas à dinâmica geomorfológica pela ocupação humana, em especial as atividades de mineração, na área de estudo. Os dados para a análise foram obtidos por meio de mapeamento geomorfológico em escala de detalhe (Tricart, 1965; Verstappen e Zuidan, 1975; Paschoal, 2011/2014) e mapeamento de uso da terra (IBGE, 2013; Ceron & Diniz, 1966; Paschoal, 2011/2014), ambos para os anos de 2010 e 2022. A análise contou ainda com a operação de geoindicadores (Rodrigues, 2004/2005). A análise dos geoindicadores e dos mapeamentos permitiu identificar, entre 2010 e 2022, as modificações nas formas de relevo, evidenciando o impacto das atividades humanas. Os trechos Rio Capivari 1, Rio Capivari 2, Rio Capivari Mirim e Córrego Água Comprida passaram por intensas mudanças de uso da terra, impulsionadas por expansão urbana, agricultura e mineração. As atividades minerárias e a urbanização alteraram o relevo e o sistema hídrico, intensificando erosões e modificando a geomorfologia local. A expansão da monocultura e o manejo inadequado de pastagens agravaram a degradação do solo.

Palavras chave: Mineração; Geomorfologia antropogênica; Mapeamento geomorfológico; Geoindicadores.

ABSTRACT

Mineral resources, particularly sand, are essential to the development of various areas of human civilization. However, the extraction of these non-metallic minerals has significant negative effects on the environment. With widespread impacts on surface layers, this practice disrupts Physical Environmental Systems and harms the natural dynamics of hydrological, vegetational, pedological, and geomorphological processes. From the perspective of Anthropogeomorphology, society becomes a transformative force on the landscape, capable of altering slopes, hilltops, and valley bottoms, destabilizing denudation and sedimentation processes, and disrupting runoff and infiltration dynamics through sand and clay mining. The Capivari River basin within the boundaries of Monte Mor Municipality (SP) is the study area, where a comprehensive understanding of landforms, demographic, historical, economic, and socioeconomic factors is essential. This study aims to identify and analyze the changes imposed by the creation of anthropogenic landforms on geomorphological dynamics due to human occupation, particularly mining activities, in the study area. Data for analysis were obtained through detailed geomorphological mapping (Tricart, 1965; Verstappen and Zuidan, 1975; Paschoal, 2011/2014) and land-use mapping (IBGE, 2013; Ceron & Diniz, 1966; Paschoal, 2011/2014), covering the years 2010 and 2022. The analysis also employed geoindicators (Rodrigues, 2004/2005). The geoindicator and mapping analysis revealed changes in landforms from 2010 to 2022, highlighting the impact of human activities. The Capivari River 1, Capivari River 2, Capivari-Mirim River and Água Comprida Creek sections experienced significant land-use changes, driven by urban expansion, agriculture and mining. Mining activities and urbanization altered the landscape and water systems, increasing erosion and modifying local geomorphology. The expansion of monoculture and inadequate pasture management exacerbated soil degradation.

Key-words: Mining; Anthropogenic geomorphology; Geomorphological mapping; Geoindicators.

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Localização das áreas de estudo no médio curso do Rio Capivari (São Paulo/Brasil).	17
Figura 02	Seção geológica do Poço 21, município de Capivari (SP).	20
Figura 03	Compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo.	21
Figura 04	Abertura de nova lavra de areia em área urbana do Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022.	47
Figura 05	Vista da sobreposição de áreas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Rural (PDM) e Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) de Monte Mor (SP).	49
Figura 06	Abertura de novo loteamento no Trecho Rio Capivari Mirim (2010 - 2022).	54
Figura 07	Feições erosivas suprimidas no Trecho Rio Capivari Mirim entre 2010 e 2022.	58
Figura 08	Vista das planícies fluviais do Rio Capivari no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).	60
Figura 09	(A) Imagem de pátio de secagem de areia e (B) Colina de resíduos; Trecho Rio Capivari 2, 30 de março de 2024.	63
Figura 10	Transição da área de mineração entre 2010 e 2022, trecho Rio Capivari 2.	63
Figura 11	Avanço da monocultura de cana-de-açúcar no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).	66
Figura 12	Avanço da atividade de mineração sobre a Cana-de-açúcar (2010-2022).	72
Figura 13	Concentração de feições erosivas em área de monocultura de cana-de-açúcar, Trecho Córrego Água Comprida (2022).	75
Figura 14	Leques aluviais no Trecho Córrego Água Comprida (2022).	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Associações litológicas na área de estudo	19
Quadro 02	Impactos sobre o relevo resultantes de atividades antrópicas	28
Quadro 03	Estrutura de legenda para Mapeamento Geomorfológico	35
Quadro 04	Parâmetros geoindicadores utilizados	38
Quadro 05	Chave de interpretação do Mapeamento de Uso da Terra	40
Quadro 06	Áreas de especial interesse ambiental números 03 e 11, Lei Municipal 042, de 21 de dezembro de 2015	48
Quadro 07	Categorias de uso permitidas em área classificada como Zona Central (ZC)	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Evolução dos agrupamentos de classes de Uso da Terra por trecho, nos anos de 2010 e 2022.	44
Gráfico 02	Mudanças (em m ²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022.	46
Gráfico 03	Mudanças (em m ²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari Mirim entre 2010 e 2022.	54
Gráfico 04	Mudança nos canais pluviais e fluviais, Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).	61
Gráfico 05	Mudanças (em m ²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari 2 entre 2010 e 2022.	62
Gráfico 06	Mudanças (em m ²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022.	71
Gráfico 07	Evolução das feições hidrográficas naturais e antropizadas no Trecho Córrego Água Comprida (2010 - 2022).	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Consumo per capita de minerais e produtos de base mineral e previsão de consumo para o Brasil até 2030.	24
Tabela 02	Feições erosivas no Trecho Rio Capivari 1.	52
Tabela 03	Modelado antrópico associado às construções no Trecho Rio Capivari Mirim.	55
Tabela 04	Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).	56
Tabela 05	Transformações em Áreas Antrópicas Agrícolas no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).	57
Tabela 06	Transformações em Áreas de Vegetação no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022)	58
Tabela 07	Transformações em Corpos d'Água no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).	59
Tabela 08	Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).	64
Tabela 09	Transformações em Áreas Antrópicas Agrícolas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).	67
Tabela 10	Feições hidrográficas naturais e antropizadas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).	70
Tabela 11	Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Córrego Água Comprida (2010-2022).	73

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<i>CFEM</i>	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
<i>ANM</i>	Agência Nacional de Mineração
<i>UGRHI</i>	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<i>RMC</i>	Região Metropolitana de Campinas
<i>SEADE</i>	Sistema Estadual de Análise de Dados
<i>IBRAM</i>	Instituto Brasileiro de Mineração
<i>IBGE</i>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>TGS</i>	Teoria Geral dos Sistemas
<i>AEIA</i>	Área de Especial Interesse Ambiental
<i>PDM</i>	Plano Diretor Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural Sustentável
<i>LUOS</i>	Lei de Uso e Ocupação do Solo
<i>CUOS</i>	Certidão de Uso e Ocupação do Solo
<i>ZC</i>	Zona central
<i>CETESB</i>	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<i>APPs</i>	Áreas de Proteção Permanente
<i>CAR</i>	Cadastro Ambiental Rural
<i>PRA</i>	Programa de Recuperação Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.1 Geologia	18
2.2 Pedologia e Geomorfologia	21
2.3 Histórico da ocupação e apropriação da superfície	22
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1 Mineração no Brasil e na bacia do Rio Capivari (SP)	23
3.2 Ocupação humana e as alterações do relevo	26
3.3 Geomorfologia antropogênica	29
3.4 Geomorfologia aplicada: técnicas de mapeamento e parâmetros geoindicadores	32
4 MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 Mapeamento geomorfológico de detalhe	34
4.1.1 Parâmetros geoindicadores	38
4.2 Mapeamento de uso da terra	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 Trecho Rio Capivari 1	45
5.2 Trecho Rio Capivari Mirim	53
5.3 Trecho Rio Capivari 2	61
5.4 Trecho Córrego Água Comprida	70
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78

Apêndice A

Apêndice B

Apêndice C

Apêndice D

Apêndice E

Apêndice F

Apêndice G

Apêndice H

1 INTRODUÇÃO

A ocupação humana da superfície terrestre provoca impactos significativos na geomorfologia, especialmente com a expansão de áreas urbanas e rurais. Essas transformações afetam tanto a forma quanto a dinâmica dos sistemas naturais, influenciando processos como erosão, sedimentação e subsidências (Christofoletti, 1999; Wilkinson, 2005). Goudie (1994) e Vita-Finzi (1993) apontam que essas modificações são causadas por ações humanas diretas, como terraplanagens e escavações, e por processos indiretos, como a aceleração da erosão e deslizamentos.

Com o avanço tecnológico, autores como Nir (1983), Goudie (1994) e Haff (2003) passaram a considerar a sociedade um agente geomorfológico capaz de acelerar processos naturais e intensificar a destruição da cobertura vegetal, o que contribui para o aumento da erosão e outros processos de denudação. Peloggia (2005) reforça que as alterações no relevo causadas por atividades humanas são um dos fatores mais evidentes de mudanças na superfície terrestre.

A partir da abordagem sistêmica, Christofoletti (1999) sugere que o estudo das transformações espaciais deve considerar tanto os sistemas ambientais físicos quanto os socioeconômicos, permitindo uma compreensão das influências antropogênicas sobre os processos naturais. Rodrigues (2001) argumenta que as alterações provocadas pelas ações humanas resultam em um estado derivado do sistema geomorfológico original, que pode ser entendido a partir da análise das condições prévias à intervenção humana.

Entre as atividades humanas que mais impactam o relevo, a mineração se destaca, especialmente pela sua ligação com a exploração de recursos minerais e as perturbações nos sistemas físicos ambientais (Guerra e Marçal, 2006). Marsh (1865) observou que a mineração contribui para a descaracterização de unidades geomorfológicas, como vertentes e fundos de vale, e desequilibra processos de denudação e sedimentação, além de modificar as dinâmicas hidrográficas (Paschoal, 2014).

No Brasil, a mineração é uma atividade econômica de grande importância. De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro, entre 2010 e 2021, a exploração de cerca de 60 substâncias gerou R\$ 1,60 trilhões em tributos relacionados à produção mineral. No Estado de São Paulo, os valores da produção bruta do setor somaram R\$ 913 milhões em 2021, com a extração de areia e argilas representando 72,24% desse total. Na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, especificamente em Monte Mor (SP), essa atividade é especialmente relevante,

sendo responsável por 49% da arrecadação da CFEM (Compensação Financeira pela Exploração Mineral) proveniente da extração desses recursos (ANM, 2022).

A prática de mineração de minerais não metálicos, como areia e argila, é considerada de menor gravidade em termos de impactos ambientais quando comparada à exploração de minerais metálicos e energéticos. No entanto, esta ainda provoca mudanças significativas, como a degradação de camadas superficiais e a dispersão da atividade por grandes áreas (Macedo, 1998). Em termos gerais, a extração mineral causa desequilíbrios nos sistemas ambientais físicos (Christofolletti, 1980), conforme o modelo de feedback negativo proposto por Chorley e Kennedy (1971), que sugere que esses sistemas tendem à exaustão ambiental, perturbando a dinâmica hídrica, vegetacional, pedológica e geomorfológica.

Paschoal (2014) destaca que a mineração interfere diretamente na configuração geomorfológica, provocando a descaracterização de vertentes, topos e fundos de vale, além de alterar os processos de denudação e sedimentação. Essa prática impacta a dinâmica de escoamento e infiltração da água, promove o afloramento do nível freático e resulta na formação de um relevo antropogênico, caracterizado pelas mudanças impostas ao meio físico.

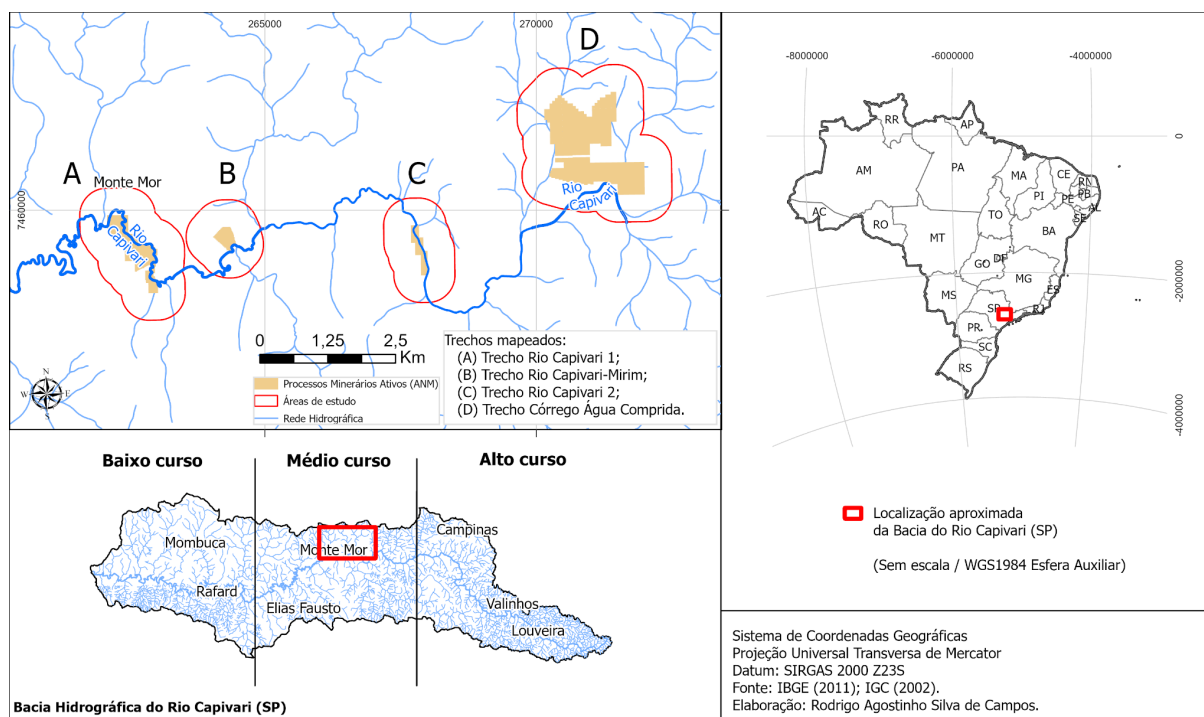
Diante desse contexto, o objetivo deste estudo é identificar e analisar as alterações na dinâmica geomorfológica impostas pela criação de morfologias antropogênicas associadas à ocupação humana, em especial pela atividade de mineração, no médio curso da Bacia do Rio Capivari, no município de Monte Mor (SP). Para isso, este trabalho utilizou como base metodológica o mapeamento de uso da terra e o mapeamento geomorfológico de detalhe. A análise comparativa desses dois tipos de mapeamento foi fundamental para compreender a evolução do relevo e as dinâmicas de ocupação do solo, comparando cenários dos anos de 2010 e 2022.

O mapeamento de uso da terra permitiu identificar mudanças significativas nas atividades antrópicas, especialmente nas áreas mineradas, possibilitando a avaliação dos impactos sobre a paisagem. A comparação entre os dois períodos analisados revelou transformações expressivas no uso da terra, fornecendo dados essenciais para a interpretação das alterações geomorfológicas associadas. Já o mapeamento geomorfológico de detalhe, embasado nos princípios de morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia, contribuiu diretamente para a identificação das modificações no relevo, evidenciando as formas originais e antropogênicas conferidas pela exploração mineral. A aplicação de parâmetros geoindicadores possibilitou uma avaliação precisa das alterações morfológicas nas unidades de vertentes, topos e fundos de vale, fornecendo uma compreensão sistêmica das perturbações impostas ao modelado natural da área de estudo.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no interior do estado de São Paulo, Brasil, entre as coordenadas geográficas 22°55'44,20"S e 22°58'14,00"S de latitude sul e 47°19'31,67"O e 47°14'00,08"O de longitude oeste, no município de Monte Mor. A área de estudo foi definida considerando uma projeção de 500 metros a partir dos limites das concessões de mineração situadas no médio curso do Rio Capivari, sendo subdividida em quatro segmentos principais, denominados trechos: Trecho Rio Capivari 1, Trecho Rio Capivari Mirim, Trecho Rio Capivari 2 e Trecho Córrego Água Comprida. Esses setores foram nomeados com base nos cursos d'água mais relevantes para facilitar a referência e organização do estudo, com ênfase em áreas de planícies e terraços com drenagem convergente para o canal fluvial principal (Figura 01).

Figura 01 - Localização das áreas de estudo no médio curso do Rio Capivari (São Paulo/Brasil).



Elaboração: O autor (2024).

Além disso, a área está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5), que corresponde à bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

O clima local é classificado como tropical mesotérmico (Cwa, segundo Köppen), com inverno seco e temperaturas médias acima de 24°C no verão, de acordo com o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (1977). A pluviosidade anual varia entre 1100 e 1300 mm, concentrada entre outubro e março, sendo os meses de janeiro e dezembro os mais chuvosos, com aproximadamente 200 mm de precipitação (Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE, 1998).

2.1 Geologia

A área de estudo está localizada na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizada por dois principais conjuntos estratigráficos: o Grupo Tubarão e o Grupo São Bento. O Grupo Tubarão, predominante na região, é representado pelo Subgrupo Itararé, composto por arenitos de granulação variada, diamictitos, siltitos e argilitos. Em menor proporção, encontram-se corpos intrusivos e extrusivos de rochas básicas da Formação Serra Geral, correlacionada ao Grupo São Bento (Ribeiro, 2002).

O termo "Tubarão" foi inicialmente utilizado por White (1908, apud Souza Filho, 1986) para descrever rochas com evidências de glaciações e carvão, observadas em Santa Catarina. Barbosa e Almeida (1949), ao estudarem o Vale do Rio Tietê, São Paulo, propuseram a subdivisão do Grupo Tubarão em cinco formações: Itu, Capivari, Gramadinho, Tietê e Itapetininga, sendo as quatro primeiras de origem glacial e a última, pós-glacial. No entanto, Petri (1964) sugeriu que essa divisão não poderia ser amplamente aplicada em São Paulo, propondo, assim, o uso do nome Subgrupo Itararé para a sequência glacial e Formação Tatui para os depósitos pós-glaciais.

As investigações de Rocha e Campos (1967) complementaram a compreensão sobre o Grupo Tubarão, indicando que os sedimentos parecem ter sido depositados sobre uma superfície erodida por geleiras continentais. No estado de São Paulo, essa superfície geralmente consiste de rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino. A nomenclatura "Itararé" foi introduzida por Oliveira (1916) para designar os sedimentos glaciais da Série Tubarão, conforme o termo original de White. Souza Filho (1986) confirmou a prevalência do nome Subgrupo Itararé em São Paulo devido à identificação de unidades que poderiam justificar sua subdivisão em formações ou fácies sedimentares.

A análise de Petri et. al. (1996) ganha relevância em áreas próximas à região de estudo, como no poço 21, onde as litologias atravessadas pela sonda oferecem detalhes notáveis, e aqui foram reunidas na Figura 02:

Após 3m de regolito, a sonda cortou cerca de 2m de ritmitos "tipo Itu" e depois, cerca de 4,4m de diamictito maciço, de matriz arenosa, com clastos caoticamente dispostos, angulosos facetados, de litologias variadas, chegando a 8cm de diâmetro. A 6m de profundidade, os clastos estão aplainados, chanfrados na parte superior e com estrias orientadas, sugerindo pavimento de clastos. Assinale-se que cerca de 1,8km do mesmo poço, no sentido da cidade de Capivari, ROCHA-CAMPOS et. al. (1976) descreveram pavimentos de clastos em cortes da rodovia Capivari-Monte Mor. Estes pavimentos, de acordo com investigações mais recentes (COTTER et. al., 1992; ROCHA-CAMPOS et. al., 1992) se estendem por uma área de, pelo menos, 5 x 2km, usualmente associados a diamictito de matriz arenosa. Atestariam a última manifestação da atividade do gelo na região; seria uma flutuação de avanço do gelo, acima da fase de afogamento mencionada acima, fase esta que teria propiciado a deposição, no poço 21, dos 150m de sedimentos, predominantemente polílicos, ritmitos (siltito/argilito), argilitos e siltitos (Petri et. al., 1996, p. 68).

Em relação à presença de rochas básicas da Formação Serra Geral, pertencentes ao Grupo São Bento, é limitada na área de estudo, o que reflete a escassez de referências bibliográficas sobre essa unidade. Soares et al. (1973) descrevem as variações texturais e a ocorrência de soleiras, apófises e diques, sugerindo que as relações de campo no contato superior ajudam a distinguir a natureza intrusiva ou extrusiva desses corpos.

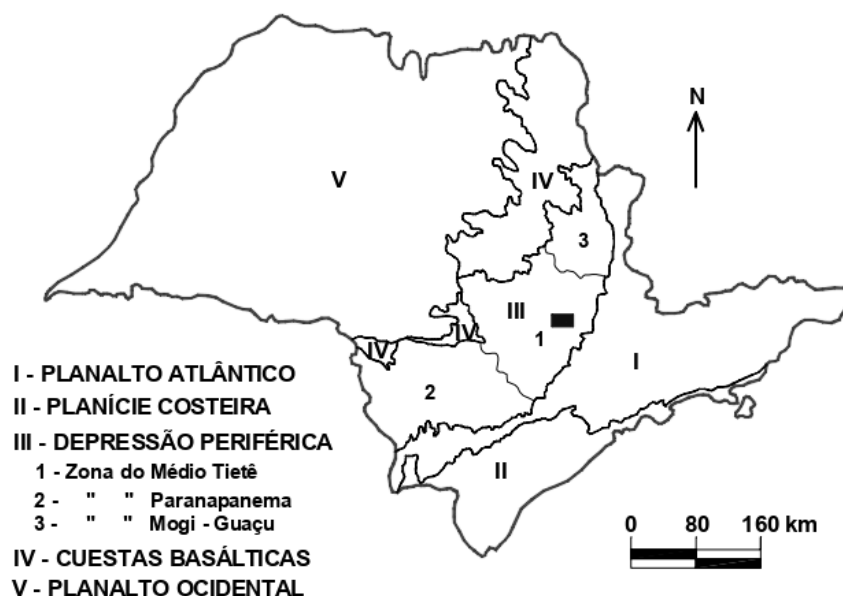
Numa escala de maior detalhe, constatações decorrentes de observações em campo e fotointerpretação, Ribeiro (2002) identificou duas associações litológicas distintas na área de estudo, organizadas no Quadro 01, abaixo:

QUADRO 01 - ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO	
Associação litológica 1	Dominada por rochas finas, como siltitos, lamitos, argilitos e arenitos finos, com estratificação plano-paralela, onde os siltitos predominam em pacotes de até 3 metros, e os arenitos apresentam espessura menor, sendo pouco cimentados e frequentemente friáveis
Associação litológica 2	Contém intercalações de arenitos, diamictitos e siltitos arenosos, com camadas de arenitos esbranquiçados e deformados, além de diamictitos com seixos dispersos

Fonte: Ribeiro, 2002.

Na área, ocorrem também rochas intrusivas básicas (diabásios), que se apresentam como sills e diques, geralmente muito intemperizados, com espessura variável e orientação subvertical. Esses diabásios cortam as camadas sedimentares das duas associações do Subgrupo Itararé.

Figura 03 - Compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo.



Fonte: Ponçato et al., 1981.

Essa zona é caracterizada pela presença predominante de rochas do Grupo Tubarão, além de corpos descontínuos de diabásio, que influenciam a estrutura do relevo e o padrão de drenagem, geralmente dendrítico, organizado por diáclases. O relevo é marcado por colinas suavizadas, separadas por vales jovens com pouca expressão de planícies aluviais, o que se reflete na morfologia da região como um todo (Almeida, 1969).

Na área de Monte Mor, essa configuração geomorfológica está intimamente relacionada aos tipos de solos presentes. O primeiro conjunto de solos inclui os Latossolos Vermelhos-Amarelos, com a presença de Neossolos Quartzarênicos Órticos-Distróficos. Estes últimos, devido à sua gênese recente, apresentam textura arenosa em todos os seus horizontes até uma profundidade de 150 cm, tornando a extração de areia uma atividade comum na região (Santos et al., 2018). O segundo conjunto, composto pelos Argissolos Vermelhos-Amarelos de textura arenosa e média, também se adequa ao relevo característico, com declividades entre 5% e 10%, que variam de acordo com as elevações das colinas, cujas altitudes se mantêm entre 500 e 650 metros.

Essa interação entre solos e relevo reflete uma paisagem de denudação medianamente dissecada, composta por colinas de topos amplos e planos, conforme descrito por Ross e Moroz (1997). A presença de drenagem organizada e a composição geológica resultam em

uma área com relevo moderado, características que influenciam tanto o uso da terra quanto a ocupação humana e as atividades econômicas, como a mineração de areia.

2.3 Histórico da ocupação e apropriação da superfície

Historicamente, o município de Monte Mor (SP) teve a sua ocupação iniciada com o cultivo de terras por famílias provenientes de Itu e Porto Feliz no final do século XVIII. A cidade evoluiu a partir da fundação de uma capela em 1820, sendo elevada à condição de freguesia em 1832 e posteriormente a vila, em 1871, marcando o início de sua trajetória urbana (Prefeitura de Monte Mor, 2018; apud. Montezel, 2019). Hoje, Monte Mor faz parte da Região Metropolitana de Campinas (RMC) e participa dos processos de urbanização e industrialização que caracterizam essa região.

O histórico da ocupação do município está diretamente relacionado aos processos de urbanização e desenvolvimento econômico que moldaram a região a partir do século XIX. No início, a economia local era sustentada pelo cultivo de cana-de-açúcar, mas com a introdução do café como principal produto agrícola, a RMC passou a se destacar na produção cafeeira paulista. Isso contribuiu para um aumento populacional expressivo em cidades como Campinas, durante as primeiras décadas do século XX (SEADE, 2006; apud. Montezel, 2019). Esse crescimento demográfico, somado à expansão das lavouras cafeeiras e à construção de ferrovias, impulsionou o surgimento de núcleos urbanos que mais tarde formariam os municípios que compõem a região metropolitana.

Com a crise do café em 1930, a economia da RMC diversificou-se, incorporando novas atividades, como a produção de algodão e cana-de-açúcar, além da expansão das indústrias têxteis e alimentícias (Montali et al., 2010). Entre 1930 e 1960, o processo de industrialização consolidou-se como a base econômica da região, beneficiando municípios vizinhos, como Americana e Indaiatuba.

Os investimentos rodoviários a partir de 1970 também tiveram papel crucial na interiorização do desenvolvimento no estado de São Paulo, favorecendo a instalação de indústrias e a expansão urbana. Monte Mor, incorporada à RMC em 2000, viu seu território transformar-se intensamente com a urbanização crescente, impulsionada pela proximidade com polos industriais. A ocupação dessas áreas resultou na substituição quase completa das formações vegetais naturais, como as matas ciliares e vegetação de encostas, que hoje ocorrem de forma esparsa, em manchas isoladas ou nas margens dos rios. A maior parte dessas áreas foi convertida em pastagens e plantações, predominantemente de

cana-de-açúcar, com algumas áreas ocupadas por culturas anuais, como milho e feijão, e produções hortifrutigranjeiras (Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC, 1980).

Hoje, Monte Mor abrange uma área de 240,56 km², com uma população de 64.662 habitantes (IBGE, 2022). O processo de ocupação e uso da terra reflete não apenas a história local de urbanização e industrialização, mas também a integração econômica da cidade com a dinâmica mais ampla da RMC, marcada pela conurbação e pelas interações entre os municípios, facilitadas pela infraestrutura rodoviária.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mineração no Brasil e na bacia do Rio Capivari (SP)

A mineração é uma atividade que tem acompanhado o desenvolvimento das civilizações ao longo da história, com os minerais não metálicos sendo os primeiros recursos naturais explorados pela sociedade. Esse tipo de recurso continua a desempenhar um papel fundamental na economia moderna, atendendo às crescentes demandas socioeconômicas (Shaller, 1905; Hoock, 2000; Dávid, 2010; Price et. al., 2011).

A exploração de recursos minerais da crosta terrestre, incluindo tanto a superfície quanto diversas camadas litológicas, é fundamental para sustentar o modelo de desenvolvimento da sociedade moderna no século XXI. Esses recursos, variados em tipos, usos e locais de ocorrência, são o foco central da mineração, uma atividade caracterizada por um amplo espectro de práticas e técnicas que envolvem pesquisa, desenvolvimento e lavra, adequados às especificidades dos minerais e de suas áreas de extração (IBRAM, 1987).

No Brasil, a mineração destaca-se como uma atividade econômica de grande importância, apresentando um impacto significativo na economia nacional. Dados do Anuário Mineral Brasileiro revelam que, entre 2010 e 2021, a tributação sobre a Produção Mineral gerou aproximadamente R\$ 1,60 trilhões em arrecadações. No estado de São Paulo, especificamente em 2021, o setor arrecadou R\$ 913 milhões em Valores da Produção Bruta, sendo que a extração de areia e argilas representou 72,24% desse total (ANM, 2022a).

Minerais são definidos como concentrações naturais de elementos na crosta terrestre, tanto em sua superfície quanto em seu interior, cuja extração é economicamente viável e possui valor para a sociedade. Quando um mineral adquire importância econômica ou social, passa a ser denominado minério, e após o processo de beneficiamento, é classificado como bem mineral (Sudelpa, 1986; Brow et al., 1997; IPT, 2003).

Os minerais podem ser divididos em duas categorias principais: metálicos e não metálicos. Dentro dos não metálicos, destacam-se os materiais de construção (agregados), matérias-primas para fertilizantes e minerais industriais, como calcário, argila, rochas ornamentais e gesso. Em geral, os materiais de construção, como areia, cascalho e brita, são empregados diretamente sem a necessidade de processos industriais complexos, passando apenas pelo beneficiamento na própria mina (Macedo, 1998).

Os agregados, como areia e brita, são fundamentais para atender às necessidades da sociedade moderna e urbana, sendo amplamente empregados em diversas obras, incluindo a construção de casas, edifícios, indústrias, projetos de saneamento, rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e na pavimentação urbana. Esse segmento da mineração é particularmente caracterizado pela sua estreita conexão com as áreas urbanas e por contar com uma ampla diversidade de produtores, em sua maioria, pequenas e microempresas. O consumo per capita de minerais e produtos de base mineral no Brasil reflete a importância desses recursos, com projeções que indicam um crescimento significativo até 2030 (Tabela 01).

Tabela 01 - Consumo *per capita* de minerais e produtos de base mineral e previsão de consumo para o Brasil até 2030.

	Europa	EUA	China	Índia	Mundo	Brasil			
	2008					2008	2015	2022	2030
Agregados (t)	6,0 - 10	9,0	n.d.	n.d.	3,5	2,5	3,6	5,1	7,0
Cimento (kg)	400 - 1.200	425	900	136	393	270	372	521	726
Aço (kg)	400 - 700	396	330	52	202	126	198	278	401
Cobre (kg)	8,0 - 20	7,0	3,0	0,2	2,7	2,1	2,7	3,7	5,4
Alumínio (kg)	20 - 30	30	7,8	1,1	5,7	4,9	6,5	8,9	12,8

Fonte: Cuchierato, G.; Neto, D. D., 2017 (Adaptado).

Apesar de sua importância para atender às demandas diretas da população, os bens minerais não metálicos, especialmente os agregados, têm menor relevância econômica em comparação com os minerais metálicos e energéticos, que dominam o mercado brasileiro de exploração e exportação. Os minerais utilizados na construção civil, como areia, cascalho e brita, possuem baixo valor agregado e são produzidos em grande volume. Devido aos altos custos de transporte, a exploração dessas jazidas tende a se concentrar nas proximidades dos centros consumidores¹.

¹ O setor de agregados se caracteriza pela necessidade de transportar grandes volumes de material com baixo valor agregado, o que restringe os mercados a distâncias de até 100 km para brita e até 300 km para areia, salvo em áreas onde as reservas são escassas. Essa

Apesar disso, os valores de produção bruta e arrecadação tributária são expressivos. Dados disponibilizados pelo Anuário Mineral Brasileiro indicaram que, entre 2010 e 2021, a atividade foi fonte da tributação de R\$1,60 trilhões, valor referente à tributação de Valores da Produção Mineral. Só no Estado de São Paulo, a tributação dos Valores da Produção Bruta deste setor chegou, em 2021, à R\$ 913 milhões, sendo a extração de areia e de argilas responsável por 72.24% deste valor (ANM, 2022a). Neste contexto, o município de Monte Mor (SP) se destaca com grande colaboração entre os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, uma vez que contribui com 49% da arrecadação da alíquota da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) sobre a extração de areia e argila (ANM, 2022b).

Além da importância econômica e social dos minerais não metálicos, como areia e brita, sua extração também gera impactos ambientais significativos, especialmente nas áreas onde a atividade é intensa. No contexto da bacia do Rio Capivari, assim como em outras regiões do estado de São Paulo, a mineração de agregados desempenha um papel essencial para o setor da construção civil, atendendo à crescente demanda por materiais utilizados em obras urbanas e infraestruturas. Historicamente, a extração de areia em planícies de inundação foi uma prática amplamente empregada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), especialmente nas aluviões dos rios Tietê e Pinheiros, que serviram de base para as atividades minerárias. Hoje, essa técnica ainda predomina em municípios como Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, localizados nas áreas drenadas pelo rio Tietê, além de ter se disseminado por todo o território paulista como forma de atender a demanda de crescimento dos núcleos urbanos do interior paulista.

No entanto, além das planícies de inundação, outra forma de extração ocorre em mantos de alteração em morros cristalinos e sedimentares. Esta técnica, que se baseia no beneficiamento do solo intemperizado até a rocha sã, causa modificações expressivas no relevo, resultando em cavas profundas, muitas vezes superiores a 30 metros. A extração em mantos de morros e nas planícies aluviais envolve métodos conjugados de desmonte mecânico e hidráulico, nos quais a vegetação e o solo superficial são inicialmente removidos por escavadeiras e, em seguida, jatos de água de alta pressão desagregam o material, facilitando a extração dos agregados (IPT, 2003).

limitação torna a logística de distribuição um fator crucial para as operações das empresas, já que os custos logísticos podem representar de 30% a 70% do preço final ao consumidor (IBRAM, 2020).

Esses processos impactam não apenas o relevo e a paisagem, mas também as dinâmicas geomorfológicas locais. A remoção da cobertura vegetal e do solo orgânico torna as áreas mineradas vulneráveis à erosão, resultando na formação de sulcos, ravinas e, em casos mais severos, voçorocas, particularmente em minas abandonadas. Além disso, as atividades de mineração alteram o fluxo natural das águas pluviais, contribuindo para o assoreamento de rios e agravando o risco de enchentes. Tais consequências são evidentes na bacia do Rio Capivari, onde a exploração de agregados e o desenvolvimento urbano se entrelaçam, reforçando a necessidade de um planejamento ambiental cuidadoso que concilie a exploração mineral com a preservação dos recursos hídricos e do solo.

3.2 Ocupação humana e as alterações promovidas no relevo

Neste contexto, a mineração não apenas atende às necessidades de infraestrutura, mas também contribui para alterações significativas no modelado da superfície terrestre. Entendendo a atividade como parte de um sistema complexo de apropriação e ocupação humana através da expansão das áreas urbanas e rurais, emergem noções de que essas atividades complexas afetam profundamente o relevo. Essas mudanças não se limitam à modificação da paisagem, mas também impactam a dinâmica natural dos sistemas geomorfológicos (Christofolletti, 1999; Wilkinson, 2005).

A análise sistêmica, conforme discutida por Christofolletti (1999) e Rodrigues (2001), oferece uma perspectiva integrada para entender esses impactos antropogênicos sobre os sistemas físicos e socioeconômicos, destacando a interdependência entre atividades humanas e processos naturais. Ao considerar as interações entre urbanização, agricultura e intervenções diretas no relevo, como terraplanagem e escavações, compreende-se que essas ações alteram o equilíbrio geomorfológico e hidrológico, intensificando processos erosivos e de sedimentação.

De acordo com Goudie (1994) e Vita-Finzi (1993), as transformações geomorfológicas decorrem tanto de processos antropogênicos diretos quanto indiretos. Intervenções diretas incluem práticas como terraplanagem, escavações e alterações nas redes de drenagem, que modificam claramente o relevo e são facilmente identificáveis. Em contraste, os efeitos indiretos resultam das ações diretas e incluem processos mais sutis, como aceleração da erosão, sedimentação, subsidências e deslizamentos. A Revolução Industrial marcou um período de intensificação desses impactos devido ao crescimento urbano, atividades agrícolas e exploração intensiva de recursos naturais, com práticas como

engenharia, terraplanagem, impermeabilização de superfícies e canalização de rios provocando alterações profundas e duradouras no ambiente (Goudie, 1977, 1986, 1993; Cassetti, 1994; Nir, 1983).

A mineração é um exemplo proeminente de atividade que afeta significativamente o relevo, influenciando a formação e a modificação das unidades geomorfológicas, como vertentes, topos e fundos de vales, além de desestabilizar processos naturais de denudação e sedimentação, e alterar dinâmicas hidrográficas (Marsh, 1965; Guerra e Marçal, 2006; Paschoal et al., 2010; Paschoal, 2011, 2014).

No Brasil, a expansão urbana e agrícola tem levado a um desequilíbrio significativo nos fluxos de sedimentação e deposição nos leitos fluviais, com práticas inadequadas como cultivo em áreas inclinadas sem terraços e uso intensivo de equipamentos pesados acelerando a denudação dos terrenos e aumentando o acúmulo de sedimentos nos cursos d'água (Didoné et al., 2015). Além disso, Hatfield et al. (2008) observam que a mineração contribui para o aumento dos fluxos de sedimentos, especialmente em áreas temperadas, e que as mudanças climáticas intensificam essa dinâmica, especialmente em regiões subtropicais, elevando o volume de material transportado e, conseqüentemente, as taxas de sedimentação (Lu et al., 2013; Phillips, 2016).

A ação humana sobre os sistemas físicos ambientais, portanto, altera o relevo de maneira direta e indireta. As intervenções diretas são facilmente visíveis, como escavações e ajustes nos cursos d'água, enquanto os impactos indiretos, embora mais sutis, como intensificação da erosão e sedimentação, também têm efeitos profundos na dinâmica dos processos naturais. Esses efeitos são ilustrados no Quadro 02, que detalha as principais intervenções humanas e suas repercussões sobre o relevo, conforme descrito por Szabó (2010).

QUADRO 02 - IMPACTOS SOBRE O RELEVO RESULTANTES DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS					
TIPO DE INTERVENÇÃO	TIPO DE PROCESSO*	DIRETO		INDIRETO	
		PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO	QUALITATIVO	QUANTITATIVO
Material de superfície	D	-	Minas a céu aberto	Subsídências	Entalhes fluviais pelo fluxo de água no interior das cavas
	P	-	Vales cheios de resíduos	Acumulação em minas	
	A	-	Aterros de resíduos	Criação de saliências no entorno	
Origem industrial	D	Bacias de lagos de refrigeração	Suporte para planação	Movimentos de massa em locais de deposição de matérias-primas e rejeitos industriais	Erosão acelerada causada pelo fluxo de esgoto e/ou rejeitos
	P	Parques industriais	Reservatórios de chorume		
	A	Usinas eólicas	Resíduos em locais de deposição		
Origem urbana	D	Cavernas	Poços de barro	Áreas de desmoronamento	Erosão causada pelo escoamento de águas pluviais sob superfícies saturadas
	P	Planação para construções	Locais de eliminação de lixo		
	A	Cemitérios em vertentes	Colinas de detritos		
Tráfego	D	Cortes de estradas	Estradas de rodagem	Quedas em aterros	Aumento da Erosão Acúmulo de sedimentos em bueiros e bocas de lobo
	P	Aeroportos	Remoção de colinas		
	A	Aterro	Acumulação em beira de estradas		
Gestão da água	D	Canais artificiais	Abertura de cavas e buracos	Erosão devido à represamentos	Rápidas incisões Sedimentos em barragens
	P	Criação de diques	Cortes		
	A	Barragens	Supressão de canais de drenagem		
Origem agrária	D	Poços d'água	Escavação de poços	Rápido desbarrancamento Fluxo laminar Leques aluviais	Formas de deflação Dispersão de sedimentos Expansão de deltas
	P	Terraços	Pseudo terraços		
	A	-	Cristas/ cumes de pedras		

*** D - Processos de denudação / P - Processos de planação / A - Processos de acumulação**

Fonte: Szabó (2010); Org. e tradução por Paschoal (2014). (Adaptado)

3.3 Geomorfologia antropogênica

A relação entre atividades humanas e transformações geomorfológicas tornou-se um foco de atenção nas Geociências nas últimas décadas, enfatizando como os sistemas socioeconômicos influenciam os atributos físicos, colocando o ser humano como um agente geomorfológico. Nesse contexto, a sociedade é vista como capaz de mobilizar matéria, intensificar, retardar ou até estagnar processos naturais, além de criar novas formas de relevo, conforme as necessidades do sistema socioeconômico vigente (Nir, 1983).

Duas vertentes principais contribuíram para essa compreensão: a norte-americana, iniciada por Marsh (1864), e a soviética, centrada em Vernadsky (1926). Os primeiros estudos sobre antropogeomorfologia emergiram entre o final do século XIX e início do XX, com Marsh e Shaller destacando como a retirada da vegetação e as mudanças no uso da terra levam à erosão. A obra de Sherlock (1922), "Man as a Geological Agent", foi pioneira ao reconhecer a influência da atividade humana no relevo, em um período em que a geomorfologia focava nas estruturas geológicas em escalas de tempo mais longas (Brown, 1971; Nir, 1983; Goudie, 1993; Suertegaray; Nunes, 2001).

Na época, a visão determinista predominava, negligenciando a possibilidade do homem ser um agente geomorfológico independente. Sherlock (1922) argumentou que, apesar de algumas obras abordarem irrigação e desmatamento, nenhuma avaliou adequadamente os efeitos da ação humana no relevo. O autor destacou que o homem poderia ser um agente capaz de potencializar os processos de denudação e transformação mais eficaz do que os agentes naturais, especialmente em áreas densamente povoadas.

Na vertente soviética, pesquisadores como Sergeev, Chemekov, Kowalski e Ter-Stepanian, influenciados por Vernadsky, exploraram a noção de que a sociedade era um agente geológico capaz de provocar mudanças geomorfológicas significativas. Vernadsky introduziu o conceito de Noosfera, que integra a esfera do pensamento humano à Geosfera e à Biosfera, ressaltando o papel crescente da humanidade na formação do futuro e na transformação do ambiente (Crutzen; Stoermer, 2000).

A partir da segunda metade do século XX, as discussões sobre transformações ambientais, sociais e econômicas se tornaram mais proeminentes. Vários trabalhos passaram a considerar a sociedade como um agente geomorfológico, ganhando aceitação na comunidade científica (Cailleux; Tricart, 1965; Brown, 1971; Nir, 1983; Goudie, 1993; Suertegaray; Nunes, 2001; Haff, 2001). Nesse contexto, observou-se uma mudança no

enfoque espaço-temporal dos estudos geomorfológicos. Pesquisas que antes priorizavam processos morfogenéticos em escalas geológicas passaram a incluir a ação humana e a morfodinâmica, refletindo a necessidade de compreender as mudanças geomorfológicas em tempos históricos (Goudie, 1993; Suertegaray; Nunes, 2001).

Com o rápido avanço tecnológico e a crescente intervenção humana no relevo terrestre, a pesquisa geomorfológica começou a enfatizar os processos morfodinâmicos. Essa abordagem facilita a compreensão de como as transformações na paisagem estão alinhadas com os interesses dos sistemas socioeconômicos predominantes (Tricart, 1953; Cailleux; Tricart, 1965; Suertegaray; Nunes, 2001). A análise dos impactos das atividades humanas tornou-se mais frequente, focando em como intervenções em ambientes urbanos, áreas rurais e locais de mineração alteram a dinâmica da paisagem em escalas históricas (Goudie, 1993; Haff, 2001). Embora esses impactos sejam mais visíveis em estudos locais, é essencial considerar que estes são impulsionados por estratégias políticas e socioeconômicas em níveis mais amplos, como regional, nacional e global.

Essa transformação rápida da paisagem sob a influência humana levou a tentativa de reconhecimento de uma nova era geológica: o Antropoceno (Phillips, 1997; Crutzen; Stoermer, 2005; Price et al., 2011). Nesse contexto, as ações humanas são vistas como a força propulsora por trás das mudanças geológicas e geomorfológicas, refletindo a remobilização de grandes volumes de materiais ao longo do tempo. O conceito de "Quinário" descreve um período dentro do Antropoceno em que as atividades humanas começam a dominar e a controlar os sistemas naturais de forma ativa (Oliveira, 1994; Pellogia, 1997, 2005; Suertegaray; Nunes, 2001). Assim, as interações entre os tempos históricos e geológicos se sobrepõem, com as ações humanas gerando depósitos sedimentares tecnogênicos resultantes da remobilização de materiais tanto superficiais quanto subsuperficiais (Ter-Stepanian, 1988; Oliveira, 1994; Pellogia, 1997, 2005; Suertegaray; Nunes, 2001).

A passagem do Quaternário ao Quinário é um tema complexo que Pellogia (1997) discute ao apontar que essa transição não é espacialmente hegemônica sob a perspectiva estratigráfica. Essa disparidade decorre da desigualdade temporal no desenvolvimento e na difusão das técnicas de produção ao longo do planeta, resultando em depósitos tecnogênicos que se manifestam de maneira mais expressiva em certas áreas do que em outras. Nesse contexto, as paisagens tecnogênicas começam a emergir durante o Holoceno (Ter-Stepanian, 1988), marcadas pela transformação da superfície terrestre pela humanidade, especialmente com a criação de áreas cultiváveis e urbanas.

As áreas que sofreram intensa denudação, como zonas urbanas e locais de construção de vias de circulação, ilustram bem esse processo. O corte de relevos acentuados e o desenvolvimento de infraestrutura para habitação e transporte são exemplos claros de como as intervenções humanas remodelam a paisagem. Além disso, no contexto da mineração, a extração mineral frequentemente envolve o decapeamento da camada superficial do solo, expondo jazidas subjacentes e gerando novas feições erosivas dentro das cavas, como patamares resultantes dessa extração (Paschoal, 2011).

A discussão teórica sobre o papel humano na modelagem da superfície terrestre abrange várias terminologias, como Antropogeomorfologia (Golomb e Eder, 1964), Geomorfologia Antrópica (Nir, 1983) e Geomorfologia Antropogênica (Goudie, 1986, 1993), além de Neogeomorfologia, introduzida por Haff (2001). A obra de Nir, "Man, A Geomorphological Agent" (1983), é um marco ao reconhecer o ser humano como um agente geomorfológico independente, abordando suas intervenções em ambientes rurais, urbanos e de mineração. Nir também propõe orientações metodológicas que enriquecem a pesquisa na área, enfatizando a importância de uma análise integrada que considere a evolução histórica, as dinâmicas socioeconômicas e a investigação quantitativa dos ambientes afetados. Rodrigues (1997, 2001, 2004, 2005) adapta essa abordagem ao contexto brasileiro, identificando os estágios de intervenção humana — pré-perturbação, perturbação ativa e pós-perturbação — e ressaltando a necessidade de reconhecer a sociedade como agente ativo nas transformações geomorfológicas.

A sistematização proposta por Rodrigues (2005) para estudar as implicações das ações humanas no meio físico envolve observar as ações humanas como agentes geomorfológicos, identificar padrões significativos de alteração da morfodinâmica, e monitorar a história cumulativa das intervenções, além de usar escalas espaço-temporais e cartografia geomorfológica detalhada. A autora propõe também a ideia de "geocartografia geomorfológica retrospectiva", que busca mapear a sequência de intervenções antrópicas, reconhecendo inicialmente as unidades morfológicas originais (Rodrigues, 2005, P. 101).

Rodrigues (2005) propõe uma abordagem sistemática para investigar as consequências das atividades humanas no meio físico, destacando a importância de tratar essas ações como agentes geomorfológicos. A autora sugere a identificação de padrões significativos de alteração morfodinâmica e o monitoramento da história acumulada das intervenções, utilizando escalas espaço-temporais e uma cartografia geomorfológica detalhada. Além disso, introduz o conceito de "geocartografia geomorfológica retrospectiva", que visa mapear a sequência de intervenções humanas e reconhecer as unidades morfológicas

originais (Rodrigues, 2005, P. 101). Este trabalho, portanto, se alinha à Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e enfatiza a antropogeomorfologia, fundamentando-se nas metodologias de Nir (1983) e nas adaptações de Rodrigues, enquanto busca se adaptar à realidade das áreas de estudo, predominantemente rurais e afetadas pela mineração.

O conceito de morfologia original, discutido por Nir (1983) e Rodrigues (2005), enfatiza a influência da ação humana na modelagem da paisagem. Nir (1983) define a morfologia original como o relevo existente antes de qualquer intervenção humana, enquanto Rodrigues (2005) adota uma definição mais flexível, permitindo pequenas modificações. Essa abordagem é utilizada na pesquisa devido à falta de dados históricos que possibilitem uma análise mais precisa do relevo não alterado. Durante as fases de perturbação ativa e pós-perturbação, o papel humano se torna mais proeminente, resultando em mudanças significativas na morfologia do ambiente. A evolução tecnológica e econômica facilita essas intervenções, refletindo a relação entre sistemas socioeconômicos e atributos naturais, conforme destacado por Drew (1989), que aponta que a intensidade das alterações na geodinâmica depende tanto do esforço humano, quanto da suscetibilidade do sistema natural.

3.4 Geomorfologia aplicada: técnicas de mapeamento e parâmetros geoindicadores

Na geomorfologia antropogênica, a análise começa com a caracterização de um estágio pré-perturbação, que representa as condições físicas originais ou as mais próximas destas, conhecido como estudo da Morfologia Original. Em seguida, consideram-se os estágios de perturbação ativa e pós-perturbação, onde as formas de relevo evoluem para uma Morfologia Antropogênica (Rodrigues, 2005). Toy e Hadley (1987) destacam que a comparação entre áreas de morfologia original e antropogênica revela processos associados à ação humana, facilitando prognósticos e avaliações ambientais.

Rodrigues (2004) enfatiza que as morfologias pré-intervenção são fundamentais para dimensionar as modificações e avaliar os impactos das ações humanas. O entendimento do espaço transformado deve partir das condições anteriores à intervenção, incluindo a investigação histórica dos processos naturais durante e após a ação antrópica (Rodrigues, 1997). Para isso, a cartografia geomorfológica em escala de detalhe foi utilizada neste trabalho, uma vez que fornece um panorama da morfologia e dos processos em datas representativas, permitindo a correlação entre variáveis espaciais e a avaliação das mudanças físicas causadas pela intervenção humana.

Neste contexto, a metodologia dos geoindicadores surge como uma ferramenta valiosa para estudar os impactos de curto prazo, tanto naturais quanto antrópicos. Esses geoindicadores, conforme Coltrinari e McAll (1995), mensuram magnitudes, frequências, taxas e tendências de processos geológicos que ocorrem em um período de até 100 anos, sendo relevantes para entender variações significativas na superfície terrestre. Embora tenham sido inicialmente desenvolvidos para áreas pouco perturbadas, Rodrigues e Coltrinari (2004) adaptaram essa abordagem para criar parâmetros objetivos que monitoram mudanças em sistemas geomorfológicos em ambientes tropicais úmidos, com foco especial para o avanço de espaços urbanizados.

Neste trabalho, os parâmetros geoindicadores foram fornecidos com base no mapeamento geomorfológico em escala de detalhe e em caráter evolutivo e consistem em métricas selecionadas para a avaliação dos impactos da expansão de áreas urbanas e rurais sobre o relevo, com ênfase nas atividades de mineração.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os produtos cartográficos desta pesquisa foram confeccionados numa escala de detalhe (1:10.000) e processados em ambiente SIG pelo software QGIS, versão 3.22.14 Bialowieza LTR. Para a elaboração desses produtos foi considerado como limite de mapeamento um polígono projetado a 500 metros do perímetro da área de concessão de lavra, ou seja, 500 metros a partir da área concedida à mineração. Além disso, foi empregado o uso de Cartas topográficas na escala de 1:10.000 datadas de 2002 e produzidas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC). Foram utilizadas também ortofotos digitais da EMPLASA, dos anos de 2010 e 2011, disponíveis na ferramenta DATAGEO do Governo do Estado de São Paulo, com resolução aproximada de 1 metro e escala de 1:25.000. O mapeamento contou ainda com pares estereoscópicos, elaboradas a partir da técnica de anáglifo utilizando imagens de satélite adquiridas na plataforma Google Earth Pro® pertencentes à Maxar Technologies®, datadas de junho de 2022, com resolução entre 0,35 e 1,38 m.

Durante a preparação dos pares estereoscópicos, adotou-se o procedimento operacional proposto por Miyazaki e Oliveira (2020) para a criação das imagens. As imagens foram extraídas de forma seccionada, no formato JPEG, na escala de 1:10.000, utilizando a ferramenta “Salvar Imagem” do software Google Earth Pro® em resolução sempre acima de 8192 x 4852 pixels (8K UHD). Nesse processo, houve uma adaptação realizada pelo autor na

fase de composição do anáglifo em ambiente de manipulação através do software StereoPhoto Maker PRO, optando-se pela geração de um produto em escalas de cinza em detrimento da preservação da composição falsa-cor original. A conversão para GEOTIFF e o consequente georreferenciamento foram realizados em ambiente SIG, utilizando o software QGIS, versão 3.22.14 Białowieża LTR. O procedimento de georreferenciamento teve como base as imagens ortorretificadas da EMPLASA, dos anos de 2010 e 2011, disponíveis na ferramenta DATAGEO do Governo do Estado de São Paulo e importadas ao software por meio do Serviço de Mapa da Web (OCM-WMS).

Apesar do Georreferenciamento em ambiente SIG, a etapa de produção de anáglifo conferiu certa distorção à imagem, uma vez que a inserção de mais pontos de perspectiva alterou a precisão da referência espacial dos objetos representados na superfície. Neste quesito, o produto forneceu subsídios substanciais para a identificação facilitada dos sistemas de planícies e terraços nas áreas de estudo, além de exacerbar, no processo de identificação, cortes antropogênicos e demais feições associadas às dinâmicas de uso da terra, apesar do prejuízo à certidão locacional.

4.1 Mapeamento geomorfológico de detalhe

Para a análise minuciosa dos elementos que compõem o relevo, recorreu-se aos subsídios fornecidos pelas cartas geomorfológicas de detalhe, que foram elaboradas em um caráter evolutivo para os anos de 2010 e 2022 para os quatro trechos mapeados. A elaboração desse mapeamento foi orientada na proposta de Tricart (1965) com o objetivo de contemplar informações de morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia.

Os dados morfométricos representaram valores quantitativos e foram representados a partir de curvas de nível e cotas altimétricas extraídas de cartas topográficas em escala de 1:10.000 do ano de 2002 (Governo do Estado de São Paulo, 2002). As informações referentes à Morfografia foram obtidas de diferentes materiais de acordo com o ano de referência. Para o material elaborado para o ano de 2010, foram utilizadas ortofotos digitais da EMPLASA, cujo procedimento operacional para utilização foi a importação da camada virtual via Serviço de Mapa da WEB ao software. Para o material do ano de 2022, a morfografia foi obtida a partir da interpretação de pares estereoscópicos de imagens orbitais da Maxar Technologies®, extraídas da ferramenta Google Earth Pro®. A Morfogênese foi associada à simbologia usada para representar a Morfografia, que além das formas, indicou também sua gênese. A

Cronologia esteve presente através de informações sobre a era geológica da formação litológica que dá sustentação ao relevo.

Quanto à simbologia escolhida para a legenda, seguiu-se a proposta de Paschoal et. al. (2010) e Paschoal (2011, 2014), que reuniram uma adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) baseados em Cunha (2001), que propôs alterações nas simbologias tradicionais visando a elaboração de materiais com maior facilidade de leitura e interpretação. Dessa forma, buscou-se a orientação de Tricart (1965) para enfatizar os processos de esculturação do relevo, permitindo o agrupamento de símbolos de acordo com os tipos de forma que representam (Cunha, 2001) (Quadro 03). Além disso, a elaboração desse material foi orientada pela perspectiva da geomorfologia antropogênica, partindo da reconstituição anterior das formas de relevo para a posterior consideração de perturbações às dinâmicas e aos modelados (Rodrigues, 2005). A maioria das simbologias utilizadas foi adquirida em formato de arquivo *shapefile* no domínio de internet do Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental da UNESP/Rio Claro; algumas adaptações foram necessárias e estão indicadas na estrutura de legenda (Quadro 03).

QUADRO 03: ESTRUTURA DE LEGENDA DO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO.				
DADOS LITOLÓGICOS	Era Cenozóica	Depósitos aluvionares		Convenção Cartográfica
	Era Paleozóica	Grupo Itararé		Convenção Cartográfica
FORMAS DE VERTENTE E INTERFLÚVIOS	Vertentes	Côncava		Verstappen; Zuidam (1975)
		Convexa		Verstappen; Zuidam (1975)
	Formas localizadas	Sulco		Verstappen; Zuidam (1975)
		Ravina		Tricart (1965)

		Voçoroca			Tricart (1965)
	Feições morfométricas	Curva de nível			Convenção Cartográfica
		Ponto cotado			Convenção Cartográfica
	Divisor de águas				Tricart (1965)
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial			Convenção Cartográfica/ Tricart (1965)
		Canal pluvial			Convenção Cartográfica/ Tricart (1965)
		Meandro abandonado			Tricart (1065)
	Acumulações fluviais	Planície fluvial			Tricart (1965)
		Terraço fluvial			Adaptado de Tricart (1965)
		Leque aluvial			Tricart (1965)
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	Fundo encaixado		Verstappen; Zuidam (1975)
			Fundo plano		Verstappen; Zuidam (1975)
	MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Ativa		

		Inativa		Convenção Cartográfica
	Colina residual de atividade minerária	Suave		Paschoal et. al. (2010)
		Abrupta		Paschoal et. al. (2010)
	Patamares em cava de mineração	Suave		Paschoal et. al. (2010)
		Abrupto		Paschoal et. al. (2010)
	Ruptura topográfica antrópica	Suave		Adaptado de Verstappen; Zuidam (1975)
		Abrupto		Adaptado de Verstappen; Zuidam (1975)
	Terraços e/ou curvas de nível agrícolas			Tricart (1965)
	Aterro para vias de circulação			Tricart (1965)
	Cavas de mineração abaixo do nível freático			Paschoal et. al. (2010)
	Canal de drenagem fluvial retificado			Simon (2007)
	Canal fluvial canalizado			Tricart (1965)
	Barramento artificial			Convenção Cartográfica

	Lagos artificiais		Adaptado de Tricart (1965)
--	-------------------	---	-------------------------------

Fonte: Org. pelo Autor (2024)

4.1.1 Parâmetros geoindicadores

A noção de geoindicadores foi aplicada neste trabalho através da comparação das métricas dos elementos geomorfológicos mapeados em dois cenários (2010 e 2022) e forneceram subsídios substanciais para a caracterização da morfologia original e das morfologias antropogênicas conferidas ao modelado da área de estudo.

O quadro 04 abaixo reúne os parâmetros geoindicadores utilizados no contexto desta pesquisa e suas unidades de medida:

QUADRO 04 - PARÂMETROS GEOINDICADORES UTILIZADOS		
Agrupamento	Parâmetro	Unidade de medida
Feições erosivas	Comprimento de Sulcos	Metros
	Comprimento de Ravinas	Metros
	Comprimento dos taludes de Voçoroca	Metros
Feições hidrográficas naturais e antropizadas	Comprimento de canais fluviais com fundo de vale encaixado	Metros
	Comprimento de canais fluviais com fundo de vale plano	Metros
	Comprimento de canais fluviais retinizados	Metros
	Comprimento de canais fluviais canalizados	Metros
	Comprimento de canais pluviais	Metros
	Área de lagos naturais	Metros quadrados
	Área de lagos artificiais	Metros quadrados
Modelado antrópico associado à atividade de mineração	Comprimento de patamares suaves em cava de mineração	Metros
	Comprimento de patamares abruptos em	Metros

	cava de mineração	
	Área de cavas de mineração abaixo do nível freático	Metros quadrados
Modelado antrópico associado às construções	Comprimento de rupturas topográfica antrópica suaves	Metros
	Comprimento de rupturas topográfica antrópica abruptas	Metros

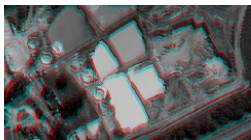
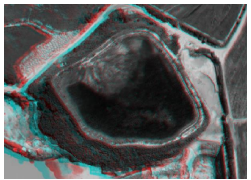
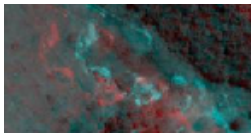
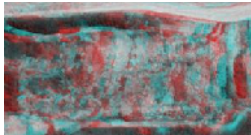
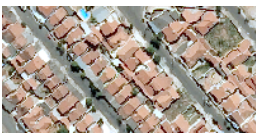
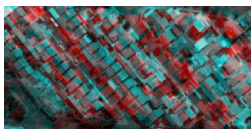
Elaboração: o autor (2024).

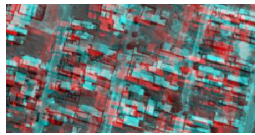
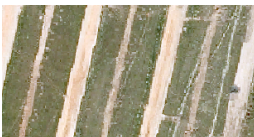
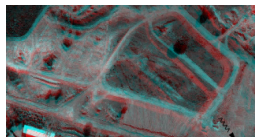
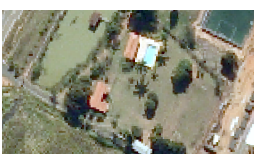
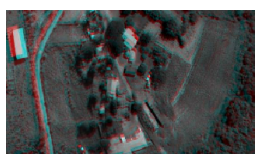
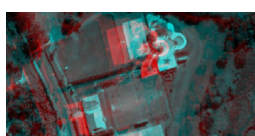
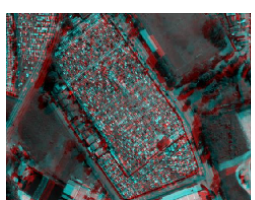
4.2 Mapeamento de uso da terra

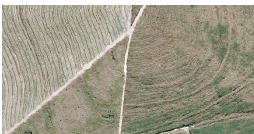
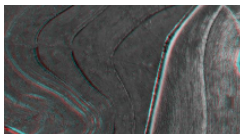
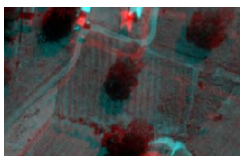
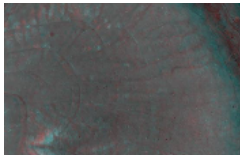
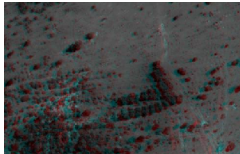
A elaboração do mapeamento de uso da terra foi feita com base na interpretação de ortofotos digitais da EMPLASA, dos anos de 2010 e 2011 e de pares estereoscópicos de imagens da Maxar Technologies®, datadas de 2022. Ambos os produtos já foram descritos no item 4 deste relatório.

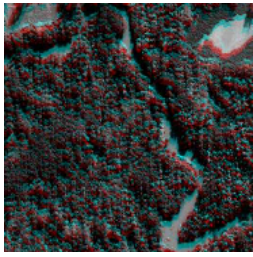
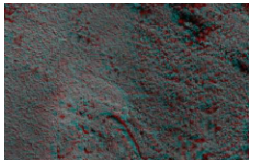
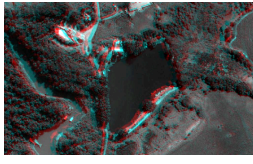
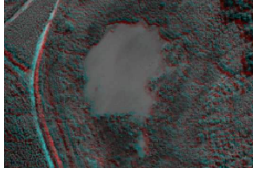
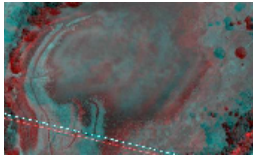
Os procedimentos operacionais de uso das imagens foram a importação da camada virtual das fotografias aéreas da EMPLASA ao software QGIS por meio do Serviço de Mapa da Web (OCM-WMS) e a geração de anáglifo em escalas de cinza, como proposto por Miyazaki e Oliveira (2020) e adaptado pelo autor. O procedimento de identificação foi precedido pela confecção da Chave de Interpretação (Quadro 05), que reuniu os agrupamentos e a classificação dos usos da terra visualizados em ambos os cenários (2010 e 2022). A fim de contemplar a diversidade de usos da terra para as áreas de estudo, adotou-se as propostas de classificação e agrupamento de Paschoal (2014), que detalha as dinâmicas de uso da terra para áreas antrópicas com atividade minerária e Silva (2022), que atribui maior complexidade às instalações urbanas e suas dinâmicas. Para os procedimentos de identificação, seguiu-se a proposta do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013).

QUADRO 05 - CHAVE DE INTERPRETAÇÃO PARA MAPEAMENTO DE USO DA TERRA

Agrupamento	Uso	Cor	Características	2010	2022
ÁREAS ANTRÓPICAS NÃO AGRÍCOLAS	Minas a céu aberto (Paschoal, 2014)	#AE88B9	Áreas de lavra, em situação ativa ou com atividade recente, destinadas à retirada de material para exploração mineral.		
	Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração (Adaptada de Paschoal, 2014)	#A8A800	Vegetação herbácea e cobertura de gramíneas em antigas áreas de lavra e em antigas áreas de empréstimo.	Classe não identificada para o cenário.	
	Área de empréstimo (Adaptado de Silva, 2022)	#B6B6B6	Áreas com retirada de material superficial para diversos usos urbanos (construção, edificação, aterro, etc).		
	Solo exposto (Silva, 2022)	#C6B186	Área sem qualquer cobertura vegetal ou uso definido.		
	Área urbana edificada (Silva, 2022)	#D30B0B	Área totalmente construída com lotes completamente edificados com estruturas urbanas (casas, edifícios, etc.) Urbanização consolidada.		

	Área urbana parcialmente edificada (Silva, 2022)	#FE2C00	Área com parte dos lotes construídos com estruturas urbanas (casa, comércio, etc.) e parte de loteamentos sem edificações. Urbanização em desenvolvimento.		
	Área urbana sem edificação (Adaptado de Silva, 2022)	#FF5C01	Área com loteamentos sem construção, dedicados à edificação urbana futura ou a áreas de praças. Apresenta sistema viário com e sem pavimento.		
	Indústria (Silva, 2022)	#8700C9	Área dedicada aos complexos industriais localizados dentro da malha urbana.		
	Chácara (Silva, 2022)	#DDFD08	Uso caracterizado por amplos terrenos com habitações, vegetação arbórea e áreas verdes destinadas ao lazer, recreação, plantio familiar, etc.		
	Área de esporte e recreação (Silva, 2022)	#FF9400	Terrenos caracterizados por estruturas esportivas de lazer e recreação (campo de futebol, quadras poliesportivas, piscinas, etc).		
	Área construída	#C4006D	Áreas com edificação consolidada ou parcialmente edificada, com equipamentos de saneamento, conjuntos residenciais ou depósitos anexos à indústrias ou lavouras e locais de sepultamento e cemitérios.		

ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS	Habitação agrícola (Silva, 2022)	#FFFF01	Uso caracterizado por construções destinadas a habitação em parte do terreno e ao plantio de culturas em outra parcela do mesmo.		
	Cana-de-açúcar (Silva, 2022)	#FFE88A	Área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar.		
	Cultura anual	#8EAB68	Áreas destinadas ao cultivo de culturas rotativas, com duração não maior que 12 meses.		
	Pasto limpo	#BE5A3A	Terreno com cobertura vegetal rasteira (gramínea) destinado à pastagem.		
	Pasto sujo	#8E442B	Terreno com cobertura vegetal rasteira (gramínea), com presença de espécies vegetais herbáceas e arbustivas, destinado à pastagem.		

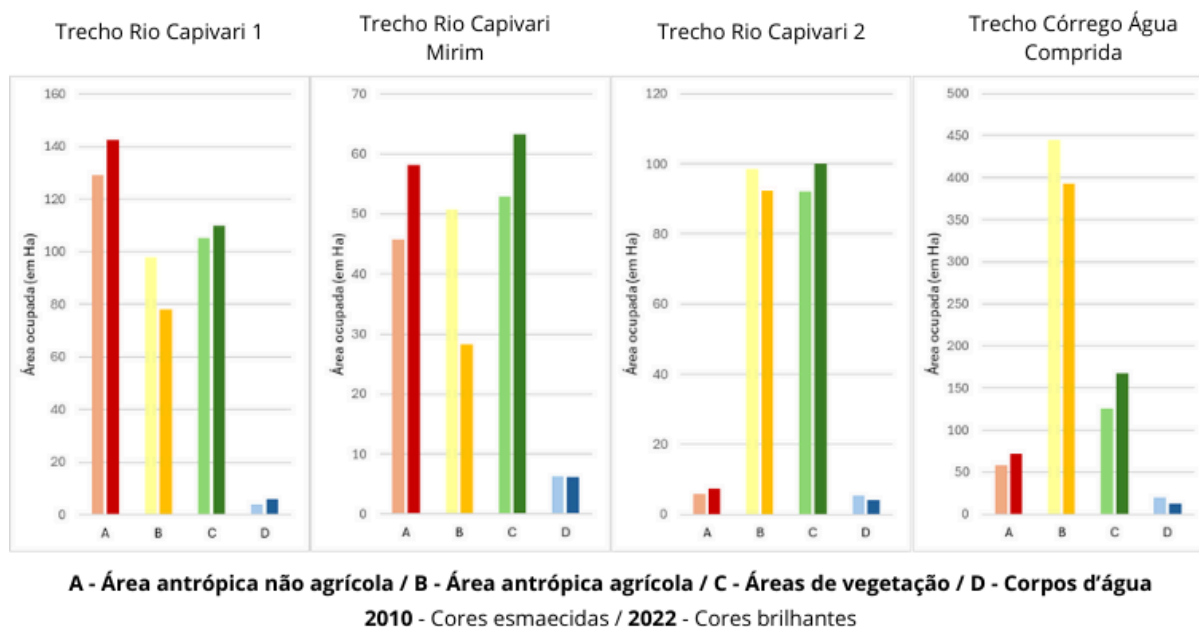
ÁREA DE VEGETAÇÃO	Matas ciliares e formações florestais de encosta (Paschoal, 2014).	#005E00	Terrenos cobertos por vegetação predominantemente arbórea , compreendendo áreas de mata regenerada, matas ciliares e formações florestais de encostas.		
	Vegetação herbácea	#49AD49	Áreas em fundo de vale, baixa vertente e sopés de encostas com vegetação arbustiva; cobertura de gramínea em áreas de empréstimo e no entorno dos lagos de piscicultura;		
CORPOS D'ÁGUA	Lagos e represamentos artificiais	#3266A0	Terrenos sob corpos hídricos antrópicos.		
	Lagos naturais	#6498D2	Terrenos sob corpos hídricos formados naturalmente.		
	Área de alagamento sazonal (Paschoal, 2014)	#418A5D	Terreno sob dinâmica constante de alagamento devido ao afloramento do lençol freático, com desenvolvimento de vegetação herbácea.		

Fonte: Org. pelo autor (2024)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados de uso da terra revelou mudanças marcantes ao longo do tempo nos diferentes trechos estudados (Apêndices E, F, G e H), enquanto os mapeamentos geomorfológicos (Apêndices A, B, C e D) permitiram identificar padrões físicos associados a essas transformações. Essas alterações refletiram variações nas práticas relacionadas à agricultura, urbanização e mineração, com ênfase na expansão das minas a céu aberto e na recuperação da cobertura herbácea em áreas mineradas anteriormente. De modo geral, foram identificadas duas dinâmicas distintas: os trechos Rio Capivari 1 e Rio Capivari Mirim, situados dentro dos limites urbanos de Monte Mor, apresentaram um avanço expressivo de áreas urbanas e industriais sobre áreas agrícolas, com um ritmo de mudança consideravelmente mais rápido em comparação aos trechos Rio Capivari 2 e Córrego Água Comprida. Nestes últimos, houve uma retração das áreas agrícolas, especialmente das pastagens, acompanhada por um crescimento das áreas de Matas Ciliares e Formações Florestais de encosta (Gráfico 01).

Gráfico 01 - Evolução dos agrupamentos de classes de Uso da Terra por trecho, nos anos de 2010 e 2022.²



Fonte: O autor (2024).

² Dados apresentados em hectares em razão da amplitude.

As áreas mapeadas revelam dinâmicas distintas de acordo com seu grau de urbanização e atividades minerárias. Setores mais urbanizados, como o trecho Rio Capivari 1, exibem maior presença de modelados antrópicos associados à ocupação urbana, com rupturas topográficas acentuadas e o surgimento de novas cavas de mineração abaixo do nível freático. Esses trechos evidenciam uma intensificação das atividades humanas, refletida no aumento expressivo das rupturas topográficas abruptas, que cresceram mais de 2.000 metros.

Em contraste, setores rurais, como o Córrego Água Comprida, apresentaram um aumento predominante de feições erosivas, como sulcos e ravinas, sugerindo a intensificação de processos erosivos vinculados às práticas agrícolas. No trecho Rio Capivari Mirim, observou-se um comportamento intermediário, com redução de sulcos, mas crescimento significativo das ravinas, o que pode indicar uma reorganização dos processos erosivos e um controle parcial da erosão superficial, possivelmente por meio do manejo e aração do solo.

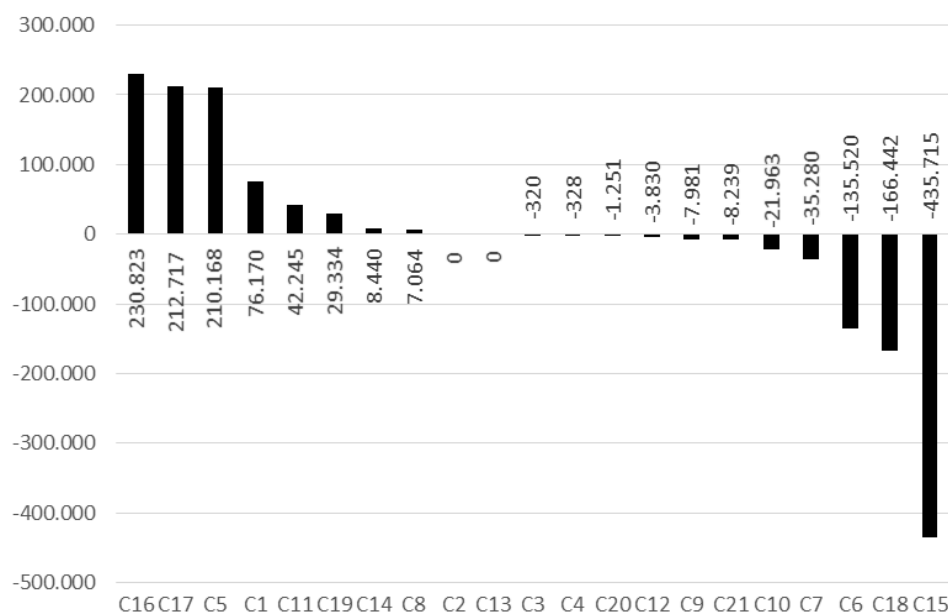
Essas distinções evidenciam como as pressões urbanas e rurais afetam os diferentes setores de maneiras diversas. Os dados serão analisados detalhadamente por setores de mapeamento correspondentes a cada trecho estudado, permitindo uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas específicas observadas em cada área, incluindo a evolução das feições erosivas e os impactos dos modelados antrópicos relacionados às atividades minerárias.

5.1 Trecho Rio Capivari 1

A análise dos dados sobre a alteração do uso da terra no trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022 mostra alterações significativas nas áreas ocupadas por diferentes classes de uso da terra (Gráfico 09).

As áreas antrópicas não agrícolas mostraram uma combinação de crescimento e redução. A área urbana edificada experimentou um aumento significativo de 210.168 m², com uma mudança percentual de 27,98%. A indústria também teve um pequeno crescimento de 7.064 m², equivalente a 3,97%. Em contraste, classes como área urbana parcialmente edificada e área urbana sem edificação foram eliminadas, mostrando reduções que indicam a consolidação das áreas urbanas inauguradas entre um cenário e outro. A área urbana parcialmente edificada teve uma diminuição de 135.520 m², e a área urbana sem edificação foi completamente reduzida, com uma perda total de 35.280 m². A área de esporte e recreação e a chácara também apresentaram reduções significativas de 21.963 m² e 7.981 m², respectivamente.

Gráfico 02 - Mudanças (em m²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022.³



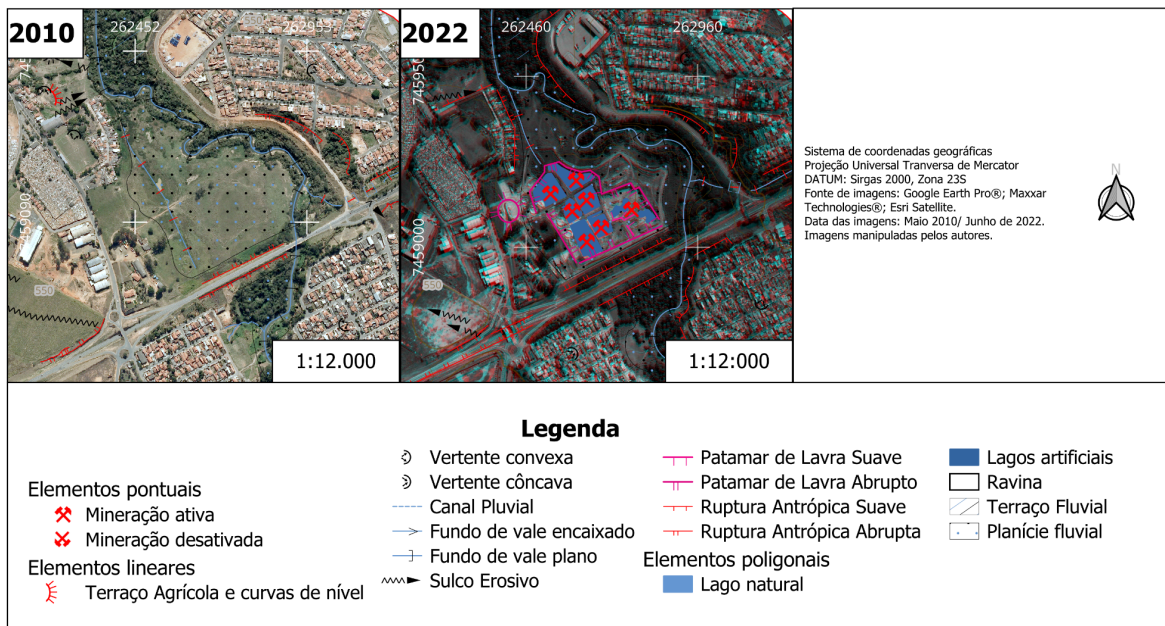
Elaboração: o autor (2024).

No trecho Rio Capivari 1, especialmente em relação à mineração, as minas a céu aberto passaram de uma ausência total em 2010 para uma presença significativa de 76.170 m² em 2022. A abertura desta nova lavra ocorreu em 2020, localizando-se sobre a planície de inundação direta do Rio Capivari, em um trecho urbano. Esse aumento reflete uma expansão considerável da atividade minerária na região (Figura 04).

A inclusão dessa classe de uso da terra indica uma intensificação da mineração, até então ausente nas áreas mais próximas aos centros urbanos consolidados. A abertura das minas a céu aberto representa um aumento da pressão sobre o sistema ambiental físico, com potencial de causar impactos significativos nas dinâmicas geomorfológicas e na qualidade ambiental do Rio Capivari.

³A legenda a seguir apresenta as classes de uso da terra utilizadas nos gráficos de mudança em metros para cada setor analisado: C1 - Minas a céu aberto, C2 - Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, C3 - Área de empréstimo, C4 - Solo exposto, C5 - Área urbana edificada, C6 - Área urbana parcialmente edificada, C7 - Área urbana sem edificação, C8 - Indústria, C9 - Chácara, C10 - Área de esporte e recreação, C11 - Área construída, C12 - Habitação agrícola, C13 - Cana-de-açúcar, C14 - Cultura anual, C15 - Pasto limpo, C16 - Pasto sujo, C17 - Matas ciliares e formações florestais de encosta, C18 - Vegetação herbácea, C19 - Lagos e represamentos artificiais, C20 - Lagos naturais, C21 - Área de alagamento sazonal.

Figura 04 - Abertura de nova lavra de areia em área urbana do Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022.



Elaboração: o autor (2024).

A instalação das minas a céu aberto sinaliza um redirecionamento no uso da terra, trazendo implicações importantes para o planejamento e gestão ambiental da área. No entanto, foi identificado um conflito entre essa atividade e a legislação municipal de ordenamento territorial, especialmente o Plano Diretor (Lei 042, de 21 de dezembro de 2015) e a Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei 043, de 21 de dezembro de 2015).

O Plano Diretor do Município de Monte Mor, denominado Plano Diretor Sustentável e publicado em dezembro de 2015, classifica a área onde a nova mina de areia foi instalada como Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA). Essa classificação é destinada à preservação e recuperação de recursos naturais e paisagísticos, além de incluir áreas com riscos à segurança e ao assentamento humano. Intervenções nessas áreas exigem a aprovação prévia do Conselho Municipal de Desenvolvimento e da Gestão Municipal, além de, em alguns casos, um "Estudo de Impacto de Vizinhaça" (conforme a Lei de Zoneamento). Adicionalmente, o Plano Diretor prevê instrumentos como o “direito de preempção”, a “transferência do potencial construtivo” e “operações urbanas consorciadas” para essas áreas.

Segundo o texto da lei:

“Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA), constitui-se naquela necessária à manutenção ou recuperação de recursos naturais e paisagísticos,

bem como a que apresente riscos à segurança e ao assentamento humano. Ficam as Áreas de Especial Interesse Ambiental consideradas como áreas de conservação e sujeitas a parâmetros urbanísticos e/ou de manejo de solo determinado pelo Conselho Municipal de Desenvolvimento junto com a Gestão Municipal, de forma coerente a cada área da Legislação Federal, Estadual e Municipal pertinentes. Qualquer tipo de intervenção nestas áreas deve possuir aprovação prévia destas duas unidades institucionais e dependendo do caso, deve ser exigido ‘Estudo de Impacto de Vizinhança’, conforme definido na Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo” (Lei Municipal 042, de 21 de dezembro de 2015).

A área onde foi instalada a mineração é sobreposta a duas AEIAs distintas, com especificações adicionais, como demonstrado a seguir:

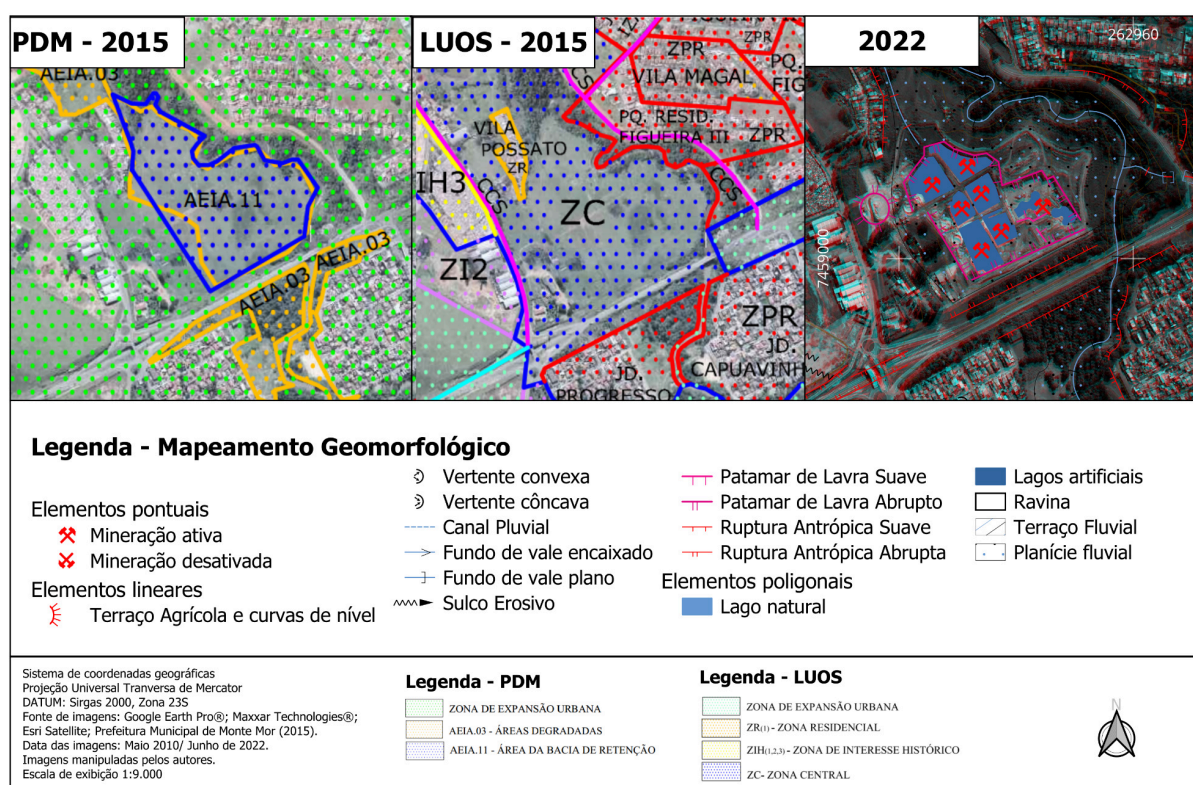
QUADRO 06 - ÁREAS DE ESPECIAL INTERESSE AMBIENTAL NÚMEROS 03 E 11, LEI MUNICIPAL 042, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2015.	
AEIA 03	Trata-se de áreas degradadas, conforme demarcados no Anexo II (Mapa PDM-02). Estas áreas devem ser recuperadas e transformadas em parques municipais sendo permitidos usos conservacionistas e preservacionistas, a critério dos órgãos do Município e deve ser mantida a máxima taxa de permeabilidade do solo possível. Por estas áreas estarem junto a cursos d'água deve-se procurar o equilíbrio da macrodrenagem, por meio de execução de bacias de retenção de água. Estas áreas ficam sujeitas aos instrumentos “direito de preempção”, “transferência do potencial construtivo” e “operações urbanas consorciadas”
AEIA 11	Trata-se de áreas demarcadas no Anexo II (PDM-02), destinadas à construções de sistemas de retenção de águas pluviais, como medidas de prevenção de enchentes, reguladoras de vazão, podendo ser utilizadas para o abastecimento de água da cidade.

Fonte: Monte Mor, Lei 042 de 21 de dezembro de 2015.

As Áreas de Especial Interesse Ambiental (AEIA) 03 e 11, embora com especificidades próprias, compartilham diretrizes fundamentais para um uso sustentável do solo e para o controle ambiental. Ambas estão localizadas em áreas vulneráveis, próximas a cursos d'água, e têm o objetivo de mitigar os riscos ambientais por meio da recuperação e preservação de recursos naturais. A AEIA 03 orienta a recuperação de áreas degradadas para transformá-las em parques municipais, priorizando a conservação e a máxima permeabilidade do solo, medidas essenciais para a regulação das águas fluviais e o equilíbrio da macrodrenagem. Já a AEIA 11 prevê a construção de sistemas de retenção de águas fluviais como medida preventiva contra enchentes e para o abastecimento hídrico da cidade.

Essas diretrizes reforçam a importância do planejamento ambiental gerido pelo poder público, especialmente em regiões críticas que enfrentam problemas de enchentes e alagamentos sazonais. O adequado manejo dessas áreas é crucial para garantir o equilíbrio da macrodrenagem e minimizar os impactos de inundações no município. A Figura 05 ilustra a sobreposição dessas áreas, evidenciando como seu uso adequado pode contribuir diretamente para o planejamento urbano e a gestão das águas.

Figura 05 - Vista da sobreposição de áreas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Rural (PDM) e Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) de Monte Mor (SP).



Elaboração: O autor (2024).

Contudo, a LUOS (Lei de Uso e Ocupação do Solo) publicada após o Plano Diretor permitiu usos na área que desconsideram as diretrizes ambientais estabelecidas, como demonstrado no Quadro 03, que lista os usos permitidos para áreas da Zona Central (ZC). A categoria I3 (Indústrias de baixo impacto ambiental) inclui atividades que se distanciam dos princípios de conservação ambiental estabelecidos no Plano Diretor. Essa divergência entre as leis possibilitou a emissão de uma Certidão de Uso e Ocupação do Solo⁴ pela administração

⁴ A Certidão de Uso e Ocupação do Solo (CUOS) atesta, pela municipalidade, que a entidade requerente iniciará atividade adequada ao Ordenamento de Uso e Ocupação do Solo em parcela de

municipal, que, por sua vez, integrou o processo de licenciamento ambiental pela CETESB, autorizando a operação da mineração no local.

A sobreposição entre as classificações de áreas de especial interesse ambiental e os usos permitidos pela legislação contraditória reflete um desafio significativo para o manejo da área. O Quadro 03, ao ilustrar a permissividade de diferentes categorias de uso, mostra como a definição da Zona Central permite um leque de ocupações, como indústrias e comércios, que não se alinham às características de conservação esperadas para áreas de especial interesse ambiental.

QUADRO 07 - CATEGORIAS DE USO PERMITIDAS EM ÁREA CLASSIFICADA COMO ZONA CENTRAL (ZC).	
R1	Residência unifamiliar: uma residência por lote;
R2	Residência unifamiliar: duas residências por lote;
R3	Residência multifamiliar: mais de duas residências por lote;
C1	Comércio varejista e serviços de âmbito local;
C2	Comércio varejista e serviços de âmbito geral;
C3	Comércio atacadista e serviços pesados;
I3	Indústrias de baixo impacto ambiental ⁵

Fonte: Monte Mor, Lei 042 de 21 de dezembro de 2015.

Especificamente em relação ao modelado antrópico associado à atividade de mineração, o mapeamento geomorfológico evidencia uma acentuada intensificação das modificações morfológicas provocadas por essa prática entre os anos de 2010 e 2022. Três aspectos principais merecem destaque: a introdução e expansão dos patamares em cava de mineração, tanto suaves quanto abruptos, e o expressivo aumento das áreas ocupadas por cavas de mineração abaixo do nível freático.

Em primeiro lugar, os patamares em cava de mineração suaves, que não existiam em 2010, passaram a ocupar 107 metros em 2022. Essa mudança aponta para o início de

solo situada no município. É um dos documentos obrigatórios para o Processo de Licenciamento Ambiental, que em São Paulo é conduzido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Para o empreendimento em questão, a CUOS foi emitida em 28 de janeiro de 2016.

⁵ Como Indústrias de Baixo Impacto Ambiental, a Lei Municipal 043, de 21 de dezembro de 2024 define aquelas que apresentem: i) baixo grau de periculosidade caracterizado pela produção de efluentes que não exigem tratamento para serem lançados na rede pública de esgoto; ii) baixo grau de nocividade provocado pela geração de vibração e ruídos que não extrapolam os limites da área da indústria; iii) baixo grau de incomodidade cuja movimentação de pessoal e tráfego não produz alterações no sistema viário existente; e iv) ausência ou quantidade não significativa de poluentes no ar, água ou solo.

intervenções mais leves no relevo, caracterizadas por escavações relativamente rasas, que são comuns nas primeiras fases de atividades minerárias ou em operações menos intensivas.

De forma mais acentuada, observou-se o surgimento de patamares em cava de mineração abruptos, cuja extensão atingiu 1.243 metros em 2022, também inexistentes em 2010. A presença desses patamares abruptos sugere um grau mais avançado de intervenção no relevo, com cortes mais profundos e escarpas mais íngremes, típicos de etapas de mineração que envolvem maior remoção de material e, conseqüentemente, maior impacto geomorfológico. Este tipo de alteração é frequentemente associado à exploração intensiva e pode implicar em riscos geotécnicos, como deslizamentos, além de influenciar diretamente a dinâmica hídrica local (Guidicini; Nieble, 1984).

O terceiro e mais significativo elemento identificado foi a expansão das cavas de mineração abaixo do nível freático, que passaram a ocupar 25.774 metros quadrados em 2022, sendo inexistentes em 2010. Essa transformação reflete uma intervenção profunda no sistema hidrológico da área, uma vez que a mineração abaixo do nível freático não só altera o relevo, mas também afeta diretamente os fluxos de águas subterrâneas e superficiais. O afloramento do lençol freático, comum nesse tipo de mineração, pode comprometer a recarga hídrica e a qualidade da água, além de gerar desequilíbrios nas dinâmicas hidrográficas (Paschoal, 2011; Paschoal et. al., 2010; Paschoal, 2014).

Essas modificações indicam que, no intervalo de 12 anos, o trecho Rio Capivari 1 passou por uma intensa transformação derivada das atividades minerárias, com conseqüências diretas para o ambiente natural e o ordenamento do uso da terra. As intervenções no relevo, somadas às cavas de mineração abaixo do nível freático, sugerem que essa área enfrenta desafios crescentes relacionados à gestão hídrica e à estabilidade dos taludes artificiais criados pela atividade.

No contexto mais amplo do ordenamento territorial, esses impactos destacam a falta de integração adequada entre a expansão minerária e as diretrizes de uso sustentável da terra, gerando conflitos com a função social dos territórios. Além disso, as atividades minerárias, sem uma regulação mais restritiva, podem agravar a vulnerabilidade da região a enchentes e alagamentos sazonais, especialmente quando considerados a sensibilidade da situação da drenagem natural, expressa nas alíneas do Plano Diretor Municipal (Lei 042/2015).

Diante do exposto, é essencial que as medidas mitigatórias sejam aplicadas não apenas pelos responsáveis pela exploração, mas que o poder público assuma um papel ativo no planejamento e na fiscalização, assegurando a conformidade com o planejamento de macrodrenagem e as políticas de uso do solo, a fim de garantir a qualidade ambiental e a

resiliência dos sistemas naturais e urbanos da região. A expansão da mineração, portanto, não só reforça a necessidade de monitoramento contínuo dos impactos geomorfológicos e hidrológicos, mas também da adoção de um ordenamento do uso da terra coerente com a preservação e a gestão ambiental (Dias, 2001; Christofolletti; Moreno, 2011; Nunes, et. al., 2013).

No contexto das áreas antrópicas agrícolas, a cultura anual apresentou um crescimento de 8.440 m². Em contrapartida, o pasto limpo sofreu uma redução significativa de 435.715 m², equivalente a uma diminuição de 62,73%. O pasto sujo, por sua vez, teve um aumento expressivo de 230.823 m², refletindo uma mudança percentual de 84,52%. A habitação agrícola, que antes estava presente, foi completamente removida, resultando em uma perda total de 3.830 m².

A análise das feições erosivas no Trecho Rio Capivari 1 entre 2010 e 2022 complementa essa perspectiva, revelando um aumento notável nos sulcos erosivos (Tabela 02), que passaram de 1.190 metros em 2010 para 1.456 metros em 2022, representando uma diferença de 266 metros e um aumento percentual de aproximadamente 22,35%. Essa intensificação dos processos erosivos tende a se concentrar em áreas de pasto, onde o solo é mais vulnerável, em razão do pisoteio do gado e da ausência de cobertura vegetal adequada.

Além dos sulcos, a presença de ravinas também apresentou um aumento, passando de 152 metros em 2010 para 182 metros em 2022, com um acréscimo de 30 metros. Embora menos evidentes que os sulcos, as ravinas refletem uma continuidade do processo erosivo no setor. A tabela a seguir apresenta as feições erosivas no Trecho Rio Capivari 1:

Tabela 02 - Feições erosivas no Trecho Rio Capivari 1.

Tipo de Feição	2010 (m)	2022 (m)	Diferença (m)
Sulco	1.190	1.456	266
Ravina	152	182	30
Voçoroca	0	0	0

Fonte: O autor (2024).

Esses dados indicam que, embora a habitação agrícola tenha sido removida, os pastos, relacionados com o manejo de gado, são os principais responsáveis pelo aumento das feições erosivas. Essas transformações podem ser explicadas, em parte, pelos efeitos da compactação do solo em áreas de pastagem. Como observado por Descroix et al. (2008), o excesso de animais por área resulta na compactação das camadas superficiais do solo, reduzindo a infiltração de água, especialmente das chuvas, e aumentando o escoamento superficial. Esse fenômeno, quando combinado com a falta de cobertura arbórea, intensifica o fluxo

concentrado, o que acelera ainda mais os processos erosivos. No contexto do Trecho Rio Capivari 1, essa dinâmica é claramente observada no aumento dos sulcos e ravinas, especialmente em áreas de pasto sujo e degradado, onde o manejo inadequado e a pressão do pastoreio intensificam a vulnerabilidade do solo à erosão.

Entre as áreas de vegetação, as matas ciliares e formações florestais de encosta tiveram um aumento de 212.717 m², com uma mudança percentual de 29,46%. No entanto, a vegetação herbácea sofreu uma diminuição de 166.442 m², correspondente a 50,39%. Neste sentido, um maior adensamento de áreas de vegetação herbácea permitiu a reclassificação como corpos florestais, e outra parcela foi ocupada por pastagem.

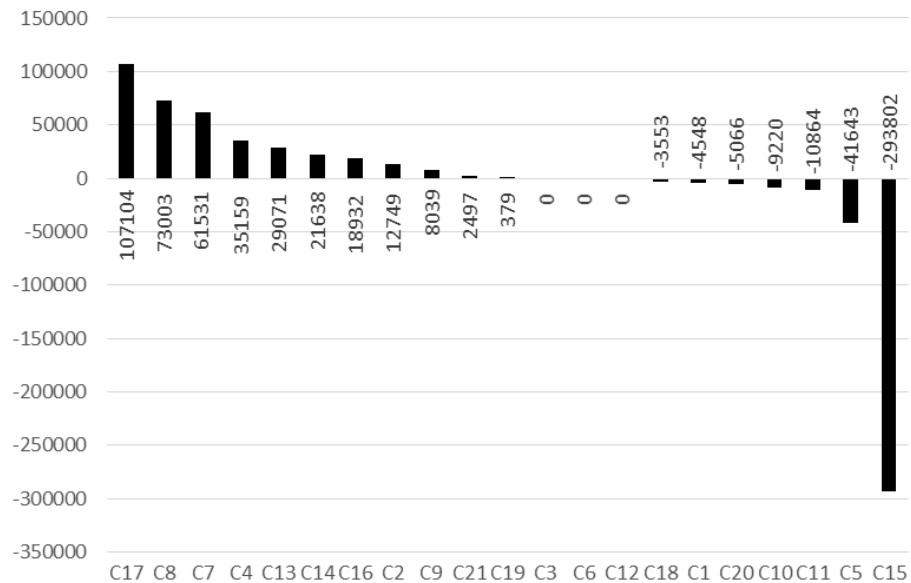
Os corpos d'água apresentaram mudanças variadas. Lagos e represamentos artificiais aumentaram em 29.334 m², refletindo uma mudança significativa de 152,17%, especialmente no contexto de abertura de lavra de areia, que, atingindo o nível freático, possibilitou o surgimento de lagos artificiais associados à mineração. Os Lagos naturais tiveram uma pequena redução de 1.251 m², o que representa uma diminuição de 11,09%. A área de alagamento sazonal não foi mais registrada, com uma redução completa de 8.239 m².

5.2 Trecho Rio Capivari Mirim

A análise dos dados do Trecho Rio Capivari Mirim reflete uma diversidade de usos da terra que se associam a um sistema de gênese do relevo análogos à cenários descritos como peri-urbanos e característicos de áreas de transformações agrícolas. Essa interação entre urbanização e práticas agrícolas mostra um cenário em que a pressão urbana influencia as atividades rurais, resultando em mudanças significativas no uso da terra, como a expansão da cana-de-açúcar e a diminuição do pasto limpo, além do aumento de áreas urbanas não edificadas e solo exposto (Gráfico 03).

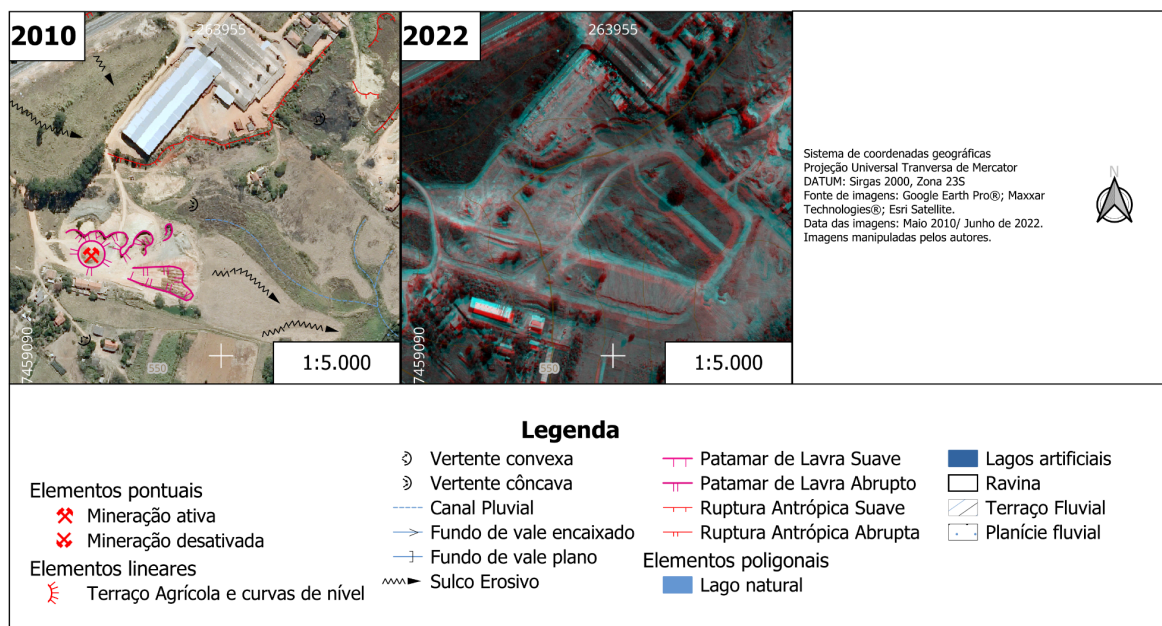
Nas áreas antrópicas não agrícolas, destaca-se o aumento expressivo da classe de solo exposto, que cresceu 142,91%. O solo exposto associa-se como condição para a pavimentação e, conseqüentemente, para a classificação da área como urbana sem edificação, que também registrou um aumento significativo, passando de 0 m² em 2010 para 61.531 m² em 2022. Esse processo de urbanização, ainda que incipiente, está ligado à abertura de novos loteamentos em áreas de pastagem e de mineração, indicando uma transformação no uso do solo que reflete as dinâmicas peri-urbanas do setor (Figura 06).

Gráfico 03 - Mudanças (em m²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari Mirim entre 2010 e 2022.⁶



Elaboração: o autor (2024).

Figura 06 - Abertura de novo loteamento no Trecho Rio Capivari Mirim (2010 - 2022).



⁶A legenda a seguir apresenta as classes de uso da terra utilizadas nos gráficos de mudança em metros para cada setor analisado: C1 - Minas a céu aberto, C2 - Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, C3 - Área de empréstimo, C4 - Solo exposto, C5 - Área urbana edificada, C6 - Área urbana parcialmente edificada, C7 - Área urbana sem edificação, C8 - Indústria, C9 - Chácara, C10 - Área de esporte e recreação, C11 - Área construída, C12 - Habitação agrícola, C13 - Cana-de-açúcar, C14 - Cultura anual, C15 - Pasto limpo, C16 - Pasto sujo, C17 - Matas ciliares e formações florestais de encosta, C18 - Vegetação herbácea, C19 - Lagos e represamentos artificiais, C20 - Lagos naturais, C21 - Área de alagamento sazonal.

Elaboração: O autor (2024).

Em contraste, a classe de indústria se expandiu, apresentando um aumento de 51,96%, com 73.003 m² adicionais. As áreas de cobertura herbácea em antigas áreas de mineração e as chácaras, antes inexistentes no trecho, também surgiram como novas classes em 2022, representando 12.749 m² e 8.039 m², respectivamente. Já algumas áreas antrópicas urbanas mostraram retração, como a área urbana edificada, que diminuiu 19,64% (menos 41.643 m²), e a área construída, com uma redução de 26,92% (10.864 m² a menos).

A análise geomorfológica do Trecho Rio Capivari Mirim evidencia como o crescimento urbano e industrial tem alterado o relevo local, especialmente com o surgimento de rupturas topográficas suaves e abruptas, que resultam de cortes no terreno e aterros necessários para obras de construção e pavimentação. Essas intervenções são evidentes nas áreas de novos loteamentos e polos industriais, onde o aumento de 2.680 metros em rupturas suaves e 700 metros em rupturas abruptas (Tabela 03) reflete a intensificação da transformação de áreas antes destinadas a pastagens e mineração em zonas urbanizadas. A modificação da topografia nessas áreas de transição rural-urbana tem contribuído para a instabilidade do solo e o agravamento dos processos erosivos, como observado por Guerra e Cunha (1996), Mafrá (1999) e Guerra e Marçal (2006).

Esse processo de alteração geomorfológica está ligado aos três principais mecanismos de urbanização: cortes, aterros e rupturas topográficas. Conforme o relevo é adaptado para a expansão urbana, os cortes são empregados para remover elementos indesejados, enquanto os aterros elevam a superfície original para criar terrenos adequados à construção. As rupturas, que podem ser naturais ou resultantes da ação humana, destacam-se como um componente significativo nas áreas urbanizadas. Quando antrópicas, essas rupturas rompem a continuidade da topografia de maneira mais abrupta, muitas vezes intensificando as modificações do relevo e impactando as dinâmicas de erosão e sedimentação. Esses processos geomorfológicos se tornam particularmente evidentes nas áreas de urbanização recente, onde a paisagem original é alterada de forma intensa e direta.

Tabela 03 - Modelado antrópico associado às construções no Trecho Rio Capivari Mirim.

Tipo de Feição	2010 (m)	2022 (m)	Diferença (m)
Patamares suaves	0	380	380
Patamares abruptos	525	218	-307

Fonte: O autor (2024).

Em relação à atividade de mineração, os dados mostram uma redução nas minas a céu aberto, de 15.959 m² em 2010 para 11.411 m² em 2022, refletindo a desativação de uma antiga área de mineração. Essa área foi posteriormente manejada para dar lugar a um novo loteamento, evidenciado pela presença de solo exposto e o avanço da classe área urbana sem edificação. Ao mesmo tempo, novas áreas de mineração foram abertas para atender à demanda da cerâmica local, resultando na expansão da exploração de argila. Esse processo, ilustrado na Tabela 04, abaixo, demonstra uma dinâmica onde a mineração, embora tenha reduzido em certas áreas, continua a se expandir em outras, em resposta às necessidades de reordenamento dos usos da terra.

Tabela 04 - Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).

Classe de Uso da Terra	2010 (m²)	2022 (m²)	Diferença (m²)	Mudança (%)
Solo Exposto	24.602	59.761	107.104	30,63
Indústria	140.500	213.503	73.003	51,96
Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração	0	12.749	12.749	-
Chácara	0	8.039	8.039	-
Área urbana sem edificação	0	61.531	61.531	-
Área urbana edificada	211.987	170.344	-41.643	-19,64
Área construída	40.353	29.489	-10.864	-26,92

Fonte: O autor (2024).

A análise dos parâmetros geoindicadores da mineração no Trecho Rio Capivari Mirim revela uma dinâmica complexa, onde processos de desativação e abertura de novas áreas ocorrem simultaneamente. No que se refere aos patamares suaves em cavas de mineração, houve uma adição de 380 metros em 2022, uma nova incursão que não existia em 2010, o que demonstra a abertura de novas áreas de mineração para atender à demanda local por materiais, como a argila utilizada pela cerâmica. Esse aumento reflete a tendência de expansão da atividade mineradora, mencionada no contexto da exploração de novas áreas para suprir as necessidades industriais. Em contrapartida, nos patamares abruptos, o trecho registrou uma diminuição de 307 metros, sugerindo que áreas de escavação mais intensiva, como aquelas com maior impacto topográfico, sofreram alterações adicionais nos processos de terraplanagem promovido pela instalação de empreendimentos urbanos.

Quanto às cavas de mineração abaixo do nível freático, o trecho apresentou um

acréscimo de 379 metros quadrados, o que também indica a abertura de novas frentes de extração em áreas com maior profundidade e impacto aos sistemas hídricos subsuperficiais. Esse aumento, embora pequeno em comparação com outros trechos, como o Rio Capivari 1, reflete a continuidade da atividade mineradora no Capivari Mirim, apesar da transformação de parte da antiga área de mineração em loteamento urbano, como destacado pelo manejo da terra para solo exposto e expansão urbana.

No grupo das áreas antrópicas agrícolas, observa-se que a cana-de-açúcar e a cultura anual se expandiram de forma considerável. A cana-de-açúcar cresceu 95,66%, o que representa um acréscimo de 29.071 m², enquanto a cultura anual, ausente em 2010, ocupava 21.638 m² em 2022. Esse aumento é condizente com a intensificação do uso agrícola, substituindo outras formas de uso da terra. Em contrapartida, o pasto limpo sofreu uma queda abrupta de 94,13%, com uma perda de 293.802 m², sendo a classe que mais recuou no período (Tabela 05). Esse fato contrasta com o aumento de 11,47% no pasto sujo, que cresceu 18.932 m². A relação entre o aumento do pasto sujo e a diminuição do pasto limpo está relacionada à menor frequência de manejo das parcelas, o que possibilita o crescimento de vegetação herbácea. A habitação agrícola não apresentou qualquer alteração, mantendo-se zerada nos dois períodos.

Tabela 05 - Transformações em Áreas Antrópicas Agrícolas no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).

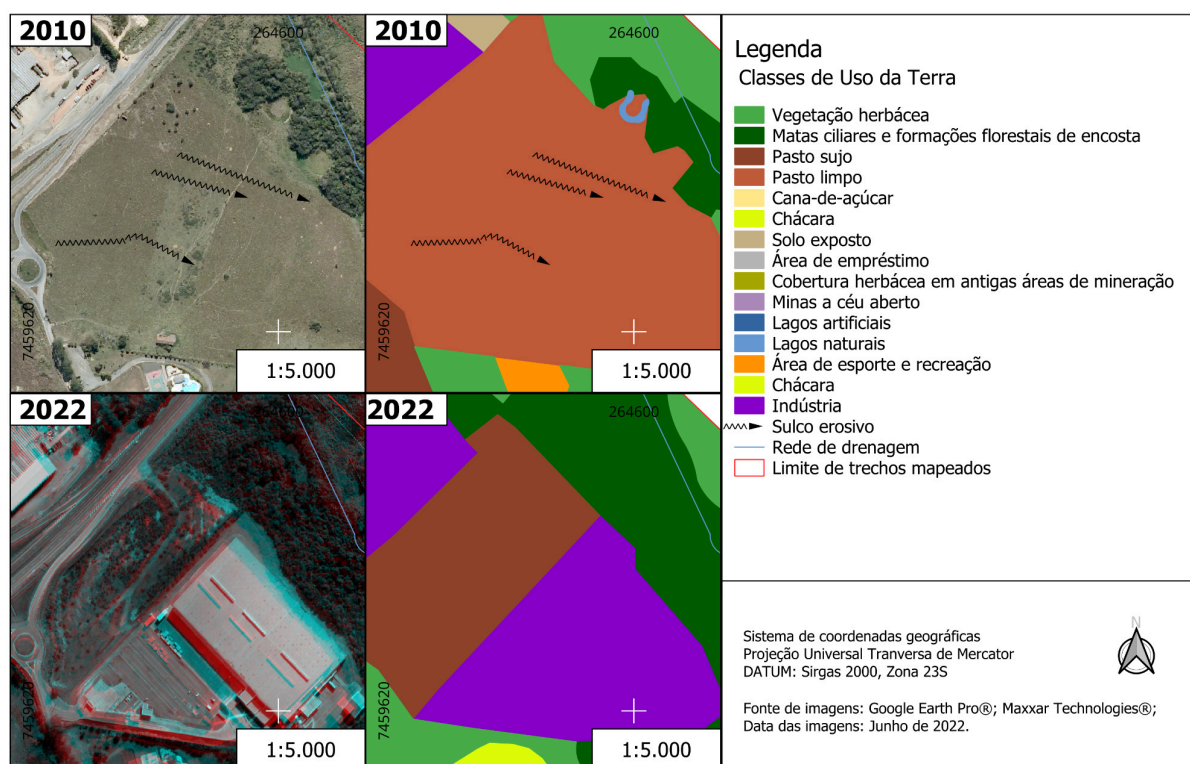
Classe de Uso da Terra	2010 (m²)	2022 (m²)	Diferença (m²)	Mudança (%)
Cana-de-açúcar	30.390	59.461	29.071	95,66
Cultura anual	0	21.638	21.638	-
Pasto limpo	312.116	18.314	-293.802	-94,13
Pasto sujo	0	12.749	12.749	-
Habitação agrícola	0	0	0	-

Fonte: O autor (2024).

A análise das feições erosivas no Trecho Rio Capivari Mirim mostra uma transformação que se alinha com a evolução do uso da terra, especialmente em áreas agrícolas. A redução de 676 metros (-49,16%) nas feições de sulco entre 2010 e 2022 indica um decréscimo da erosão superficial. Este fenômeno está associado ao manejo superficial dos terrenos, como a aração, para áreas agrícolas, e o aterramento para construções urbanas (Figura 07)

Por outro lado, as ravinas no trecho aumentaram significativamente, com 64 metros adicionais (533%), sinalizando uma intensificação de erosão mais profunda, que indica degradação do solo. Esse processo está vinculado à substituição de áreas de pasto limpo para pasto sujo, que apresenta uma proteção menos eficaz ao solo devido à remoção de vegetação nativa, o que expõe o solo a maiores riscos erosivos. Não foram identificadas voçorocas em nenhum dos cenários para o trecho.

Figura 07 - Feições erosivas suprimidas no Trecho Rio Capivari Mirim entre 2010 e 2022.



Elaboração: o autor (2024).

Em relação à vegetação, as matas ciliares e formações florestais de encosta registraram um aumento significativo de 30,63%, com um acréscimo de 107.104 m². Já a vegetação herbácea sofreu uma leve diminuição de 1,98%, com uma redução de 3.553 m², embora ainda se mantenha significativa (Tabela 06).

Tabela 06 - Transformações em Áreas de Vegetação no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022)

Classe de Uso da Terra	2010 (m²)	2022 (m²)	Diferença (m²)	Mudança (%)
Matas ciliares e formações florestais de encosta	349.690	456.794	107.104	30,63
Vegetação herbácea	179.254	175.701	-3.553	-1,98

Fonte: O autor (2024).

Nos corpos d'água, destaca-se o leve aumento de 5,08% na área de alagamento sazonal, que cresceu 2.497 m², enquanto os lagos naturais sofreram uma redução expressiva de 34,99%, perdendo 5.066 m² (Tabela 07). O surgimento de lagos artificiais também foi observado, com 379 m² de represamentos em 2022.

Tabela 07 - Transformações em Corpos d'Água no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).

Classe de Uso da Terra	2010 (m²)	2022 (m²)	Diferença (m²)	Mudança (%)
Área de alagamento sazonal	49.111	51.608	2.497	5,08
Lagos naturais	14.478	9.412	-5.066	-34,99
Lagos e represamentos artificiais	0	379	379	-

Fonte: O autor (2024).

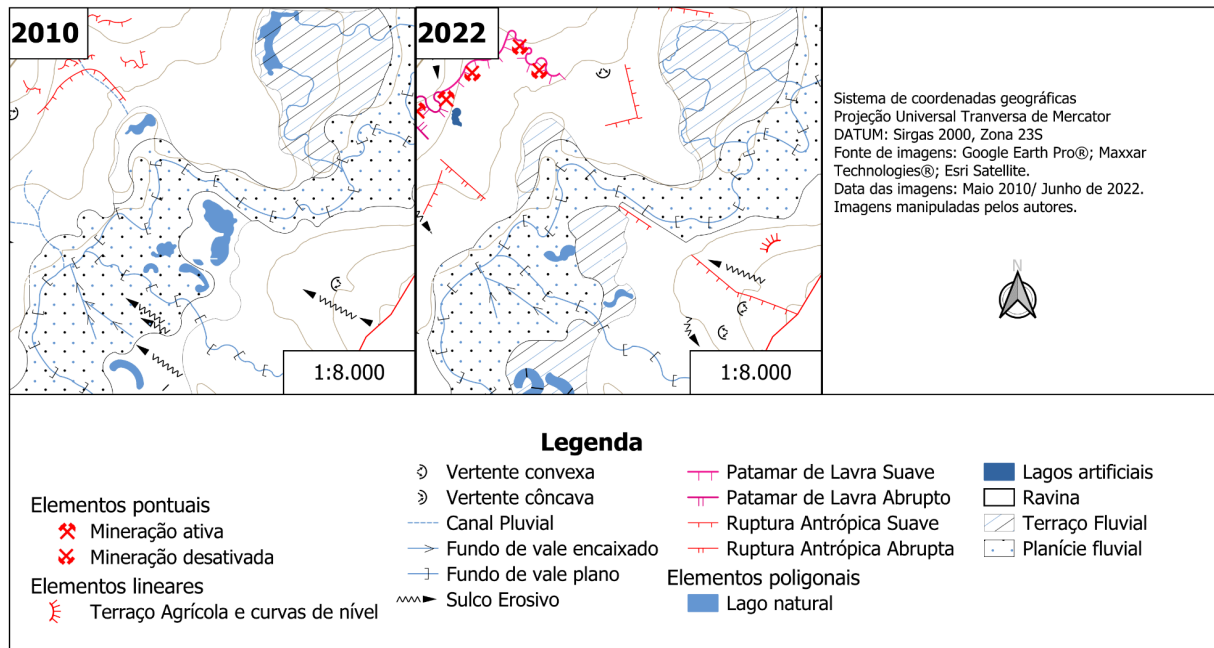
A análise dos demais geoindicadores com foco nas feições hidrográficas revela uma dinâmica marcada por uma significativa redução das feições pluviais e fluviais, além de importantes transformações nos corpos d'água. Os dados refletem o impacto direto de intervenções humanas sobre os cursos d'água e as alterações ambientais associadas aos fundos de vale.

Em relação aos canais pluviais, o trecho apresentou uma redução acentuada de 721 metros (-94,99%), uma diminuição muito superior à observada em outros trechos, como o Rio Capivari 1 (-32,18%) e o Rio Capivari 2 (-65,94%). Essa queda drástica pode estar associada ao aumento de áreas impermeabilizadas e à redução de zonas de infiltração, como áreas de pasto e vegetação natural, devido à expansão da agricultura intensiva, em especial da cana-de-açúcar. O aumento da impermeabilização altera a dinâmica de drenagem pluvial, concentrando fluxos de água e diminuindo a extensão dos canais pluviais naturais (Motta Jr., 1984; Tucci, 1994; Campana; Tucci, 1994; Justino, et. al, 2012; Strevoux; Latrubesse, 2017).

Quanto aos lagos naturais, a redução de 5.066 m² (-34,99%) aponta para uma diminuição expressiva das áreas alagadas, refletindo um processo de ocupação das planícies fluviais do rio, que, através do aterramento, promoveu a drenagem dessas áreas para a construção. A expansão da cana-de-açúcar, responsável pela conversão de áreas de pastagem

e outros usos, pode ter contribuído para essa perda, já que o plantio agrícola intensivo altera o regime hidrológico local, resultando na drenagem de áreas que anteriormente mantinham lagos naturais (Figura 08).

Figura 08 - Vista das planícies fluviais do Rio Capivari no Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).



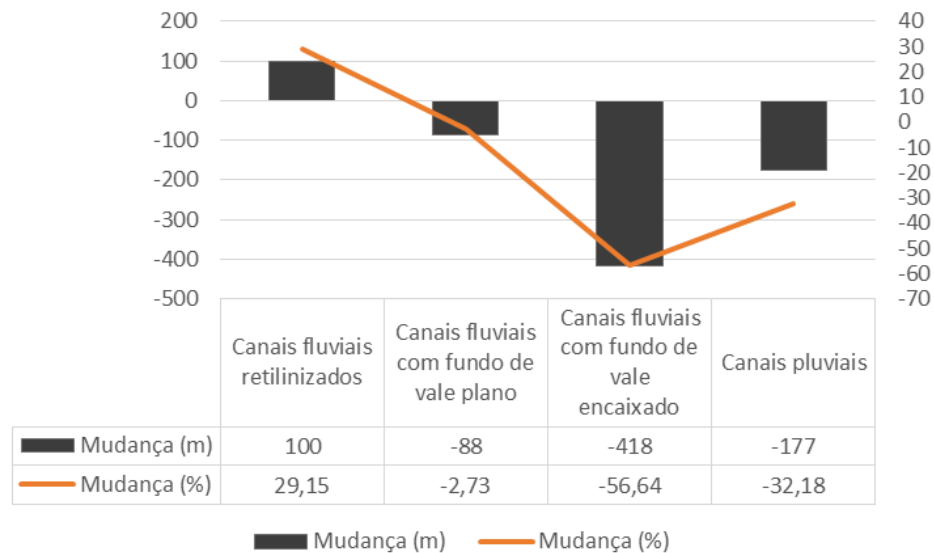
Elaboração: o autor (2024).

As feições relacionadas aos canais fluviais retelinizados mostram um leve aumento de 100 metros (29,15%), sugerindo pequenas obras de retificação em alguns trechos do rio para controle de enchentes ou otimização da drenagem. Contudo, a diminuição de canais fluviais com fundo de vale plano (-88 metros, ou -2,73%) e canais com fundo de vale encaixado (-418 metros, ou -56,64%) revela que morfologia dos canais está sendo alterada por perturbações aos processos erosão e sedimentação dos leitos fluviais, além de prejudicar as dinâmicas de afloramento hídrico do setor, fenômeno evidenciado pela diminuição dos canais pluviais (Gráfico 04).

Os dados sugerem que a expansão agrícola no Trecho Rio Capivari Mirim, principalmente da cana-de-açúcar, e a ocupação das planícies e dos terraços, tiveram um impacto direto nas feições hidrográficas. O processo de diminuição das áreas alagadas naturais através do aterramento para as construções, combinado com a diminuição dos canais pluviais e a retelinização dos canais fluviais, indica uma gestão do uso da terra voltada para a

maximização da produtividade agrícola, ao custo da preservação das feições hidrográficas naturais e da dinâmica dos corpos d'água.

Gráfico 04 - Mudança nos canais pluviais e fluviais, Trecho Rio Capivari Mirim (2010-2022).

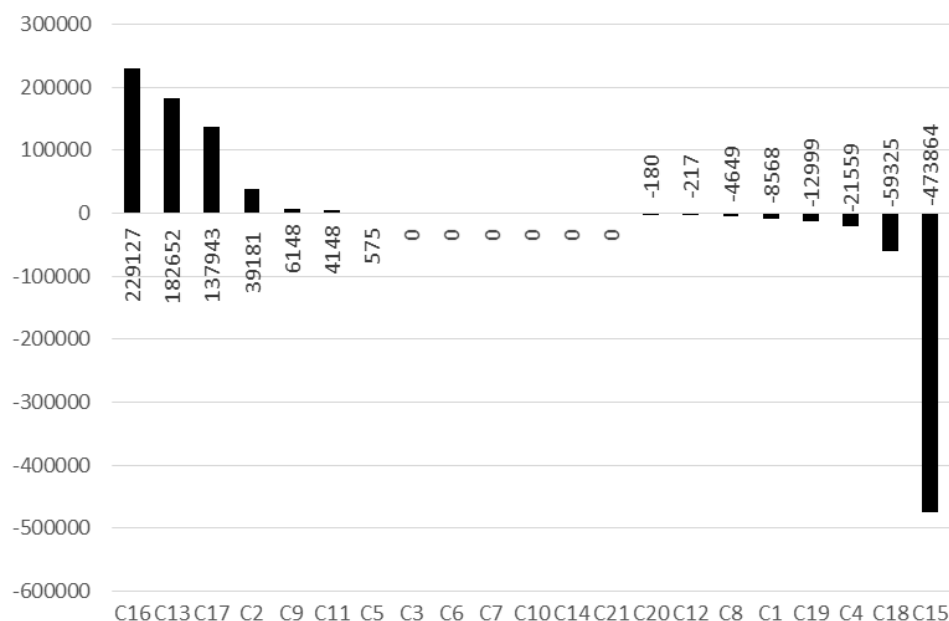


Elaboração: o autor (2024).

5.3 Trecho Rio Capivari 2

A análise dos dados do Trecho Rio Capivari 2 revela um cenário de transição marcado pela conversão de antigas áreas de mineração e pastagem em ocupações urbanas e expansões agrícolas. A interação entre o processo de desativação minerária, urbanização e intensificação agrícola gerou mudanças substanciais no uso da terra, como o aumento expressivo da cana-de-açúcar e do pasto sujo, em contrapartida à drástica redução de áreas de pasto limpo e solo exposto. Além disso, observa-se uma expansão das matas ciliares, possivelmente ligada a iniciativas de recuperação ambiental e a restrições de uso em áreas de preservação permanente (Gráfico 05).

Gráfico 05 - Mudanças (em m²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho Rio Capivari 2 entre 2010 e 2022.⁷



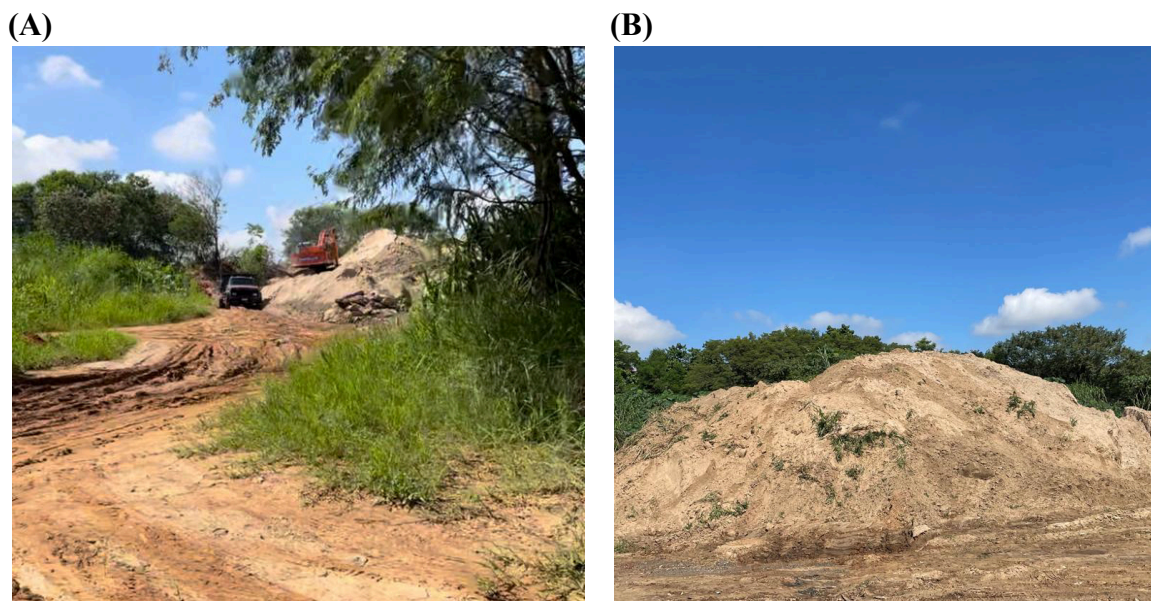
Elaboração: o autor (2024).

A análise das áreas antrópicas não agrícolas no Trecho Rio Capivari 2 revela mudanças substanciais entre 2010 e 2022, refletindo tanto o avanço urbano quanto a redução das atividades minerárias. A classe de minas a céu aberto, que ocupava 8.568 m² em 2010, foi completamente desativada até 2022, indicando uma transformação no uso da terra anteriormente voltado à extração mineral. A ausência de áreas de mineração ativa nesse período está associada ao encerramento das operações de retirada de material subsuperficial, permitindo que o local fosse reconfigurado para abrigar um pátio de secagem dos sedimentos extraídos por dragagem na calha do Rio Capivari, conforme registros da Agência Nacional de Mineração e constatação em observações na área (Figura 09).

Esse fenômeno está parcialmente relacionado com o surgimento da classe cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, que, antes inexistente, ocupava 39.181 m² em 2022. Essa mudança é indicativa de um processo de recuperação parcial da área, uma vez que as áreas anteriormente mineradas agora estão cobertas por vegetação herbácea (Figura 10).

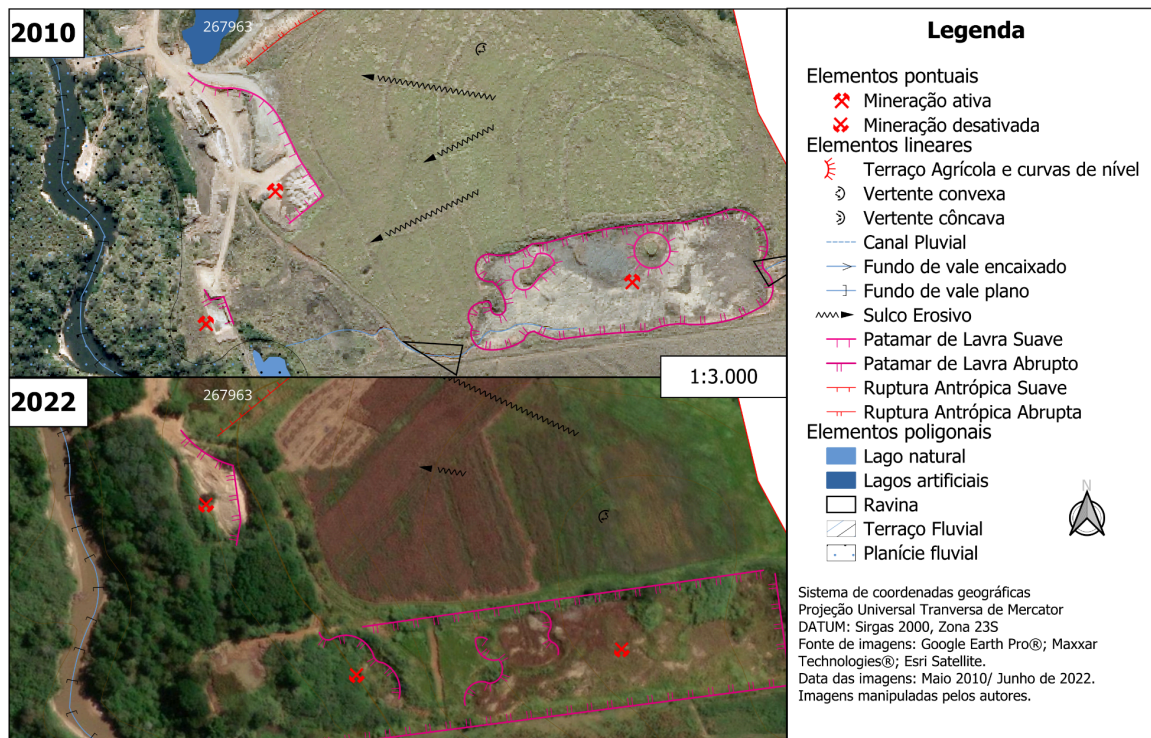
⁷A legenda a seguir apresenta as classes de uso da terra utilizadas nos gráficos de mudança em metros para cada setor analisado: C1 - Minas a céu aberto, C2 - Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, C3 - Área de empréstimo, C4 - Solo exposto, C5 - Área urbana edificada, C6 - Área urbana parcialmente edificada, C7 - Área urbana sem edificação, C8 - Indústria, C9 - Chácara, C10 - Área de esporte e recreação, C11 - Área construída, C12 - Habitação agrícola, C13 - Cana-de-açúcar, C14 - Cultura anual, C15 - Pasto limpo, C16 - Pasto sujo, C17 - Matas ciliares e formações florestais de encosta, C18 - Vegetação herbácea, C19 - Lagos e represamentos artificiais, C20 - Lagos naturais, C21 - Área de alagamento sazonal.

Figura 09 - (A) Imagem de pátio de secagem de areia e (B) Colina de resíduos; Trecho Rio Capivari 2, 30 de março de 2024.



Fonte: o autor (2024).

Figura 10 - Transição da área de mineração entre 2010 e 2022, trecho Rio Capivari 2.



Elaboração: o autor (2024).

A análise da atividade minerária no Trecho Rio Capivari 2 revela uma clara retração das operações de mineração entre 2010 e 2022. Conforme os dados de modelado antrópico, os patamares em cava de mineração suaves, que somavam 348 metros em 2010, foram completamente desativados até 2022, indicando o fim de atividades extrativas nessa área. Essa extinção da classe é coerente com a desativação das minas a céu aberto, já mapeada anteriormente.

Por outro lado, os patamares abruptos de mineração aumentaram em 455 metros no mesmo período, atingindo 1.115 metros em 2022. Este dado sugere que, enquanto algumas áreas foram desativadas, outras se passaram por reordenações, mesmo que menores, possivelmente para estabilização dos terrenos. Ainda, não há registro de cavas de mineração abaixo do nível freático, o que reforça a hipótese de esgotamento dos recursos.

Outro destaque é a forte redução de solo exposto, que diminuiu em 80,91%, passando de 26.645 m² em 2010 para 5.086 m² em 2022. Esse declínio se deu pelo processo de avanço da pastagem sobre essas áreas.

Em termos de infraestrutura urbana, a presença de chácaras aumentou em 38,96%, passando de 15.782 m² em 2010 para 21.930 m² em 2022, o que reflete uma ocupação residencial de pequeno porte em áreas antes ocupadas por pastagem. Essa expansão está alinhada com o surgimento de áreas construídas (4.148 m² em 2022), um indicativo de novos empreendimentos ou loteamentos no trecho. Além disso, foi observado o surgimento de 575 m² de área em 2022 de área urbana edificada, que avançou sobre as áreas de indústrias de pequeno porte desativadas entre os períodos do estudo. Esses dados sugerem uma transição das áreas para usos residenciais e recreativos.

O cenário de retração industrial também é evidente com a diminuição de 64,98% na classe indústria, que passou de 7.155 m² em 2010 para 2.506 m² em 2022. Esse declínio indicar a transferência ou o fechamento de unidades industriais de pequeno porte, notadamente marcados pela demolição de galpões e pátios, possivelmente associadas a um processo de reordenação territorial conduzido pelo avanço das áreas urbanas.

A tabela 08 abaixo reúne os dados da evolução da dinâmica de uso da terra para as áreas antrópicas não agrícolas neste setor:

Tabela 08 - Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).

Classe de Uso da Terra	2010 (m ²)	2022 (m ²)	Diferença (m ²)	Mudança (%)
Solo Exposto	26.645	5.086	-21.559	-80,91

Indústria	7.155	2.506	-4.649	-64,98
Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração	0	39.181	39.181	-
Chácara	15.782	21.930	6.148	38,96
Área construída	0	4.148	4.148	-
Área de empréstimo	0	0	0	-
Área urbana edificada	0	575	575	-
Área urbana parcialmente edificada	0	0	0	-
Área urbana sem edificação	0	0	0	-
Área de esporte e recreação	0	0	0	-

Fonte: O autor (2024).

A análise da evolução do uso da terra no Trecho Rio Capivari 2 pode ser complementada com os dados geomorfológicos, especialmente relacionados ao modelado antrópico associado a construções, representando modificações topográficas induzidas por ações humanas, como terraplenagem para urbanização e atividades minerárias. Esses dados indicam a intensidade das transformações no relevo, que afetam diretamente as práticas de ocupação e o desenvolvimento de áreas antrópicas não agrícolas.

No Trecho Rio Capivari 2, houve um aumento nas rupturas topográficas antrópicas suaves, passando de 231 metros em 2010 para 993 metros em 2022, representando um acréscimo de 762 metros ao longo desse período. Esse aumento está associado à expansão de atividades construtivas de pequeno porte, como o surgimento de áreas construídas e chácaras, além da transição de áreas industriais para uso residencial, conforme apontado pela análise do uso da terra. Além disso, uma grande porção das rupturas suaves foram identificadas somente no cenário de 2022 devido à desativação de lagos de piscicultura, possibilitando a visualização das alterações morfológicas conferidas à superfície para este fim.

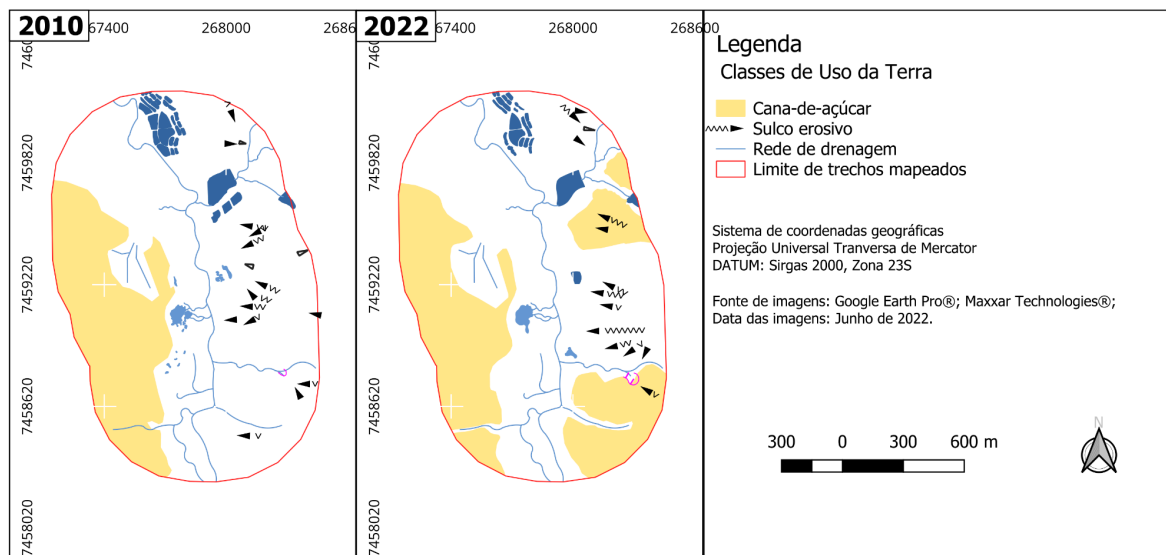
Além disso, as rupturas topográficas antrópicas abruptas, mais associadas a atividades mais intensivas, também sofreram aumento, passando de 231 metros em 2010 para 393 metros em 2022, totalizando um incremento de 162 metros. Esse crescimento pode estar relacionado com as modificações no terreno decorrentes da desativação das minas a céu aberto e subsequente processo de adequação das áreas para novos usos, como o surgimento de cobertura herbácea.

Nas áreas antrópicas agrícolas, o uso intensivo da terra para fins produtivos foi significativamente transformado entre 2010 e 2022. A cana-de-açúcar apresentou um crescimento de 38,19%, com um acréscimo de 182.652 m², refletindo o avanço dessa cultura na substituição de áreas previamente ocupadas por pastagens. Esse aumento pode estar

relacionado à drástica redução de 97,43% nas áreas de pasto limpo, que perderam 473.864 m². A substituição de pasto limpo pela cana-de-açúcar é um indicativo de intensificação agrícola, provavelmente impulsionada pela maior rentabilidade econômica da cana em comparação à pecuária ou pastagens extensivas.

A classe de pasto sujo também apresentou um aumento substancial de 1920,43%, crescendo de 11.931 m² em 2010 para 241.058 m² em 2022. O crescimento do pasto sujo, em paralelo à redução do pasto limpo, sugere uma diminuição do manejo ativo das áreas de pastagem, permitindo que vegetação herbácea menos controlada se estabeleça. Essa mudança está ligada à diminuição da atividade pecuária e à transição para outras formas de uso agrícola (Figura 11).

Figura 11 - Avanço da monocultura de cana-de-açúcar no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).



Elaboração: o autor (2024).

A habitação agrícola, por sua vez, teve uma leve redução de 2,7%, caindo de 8.033 m² para 7.816 m². A manutenção estável dessa classe, com variações mínimas, indica que as habitações ligadas à produção agrícola familiar não acompanharam as mudanças drásticas observadas nas áreas de cultivo e pastagem, sugerindo que a transformação agrícola no trecho está mais relacionada à alteração no uso do solo produtivo do que à ocupação habitacional. A tabela 09, a seguir, reúne os dados da evolução das Áreas antrópicas agrícolas para o Trecho Rio Capivari 2, entre 2010 e 2022:

Tabela 09 - Transformações em Áreas Antrópicas Agrícolas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).

Classe de Uso da Terra	2010 (m²)	2022 (m²)	Diferença (m²)	Mudança (%)
Cana-de-açúcar	478.221	660.873	+182.652	+38,19
Cultura anual	0	0	0	0
Pasto limpo	486.375	12.511	-473.864	-97,43
Pasto sujo	11.931	241.058	+229.127	+1.920,43
Habitação agrícola	8.033	77.816	-217	-2,7

Fonte: O autor (2024).

A análise das feições erosivas no Trecho Rio Capivari 2 entre 2010 e 2022 indica tanto progressões como estabilizações, refletindo a interação entre uso da terra, manejo do solo e processos naturais de degradação. Os sulcos, que são feições erosivas em um estágio inicial, aumentaram em 175 metros, uma elevação de 20,09%, passando de 871 metros em 2010 para 1.046 metros em 2022. Esse incremento está relacionado com o uso contínuo de áreas sem cobertura vegetal adequada, ou com o manejo inadequado do solo, potencializado pelo escoamento superficial durante as chuvas, práticas comuns nos usos agrícolas identificados com predominância no setor.

As ravinas, que são um estágio mais avançado de erosão, diminuíram significativamente, com uma redução de 73 metros, representando uma queda de 56,59%. Esse dado sugere que houve intervenções que estabilizaram essas áreas, impedindo a progressão erosiva. A diminuição nas ravinas está associada a técnicas de manejo como a terraplanagem em resposta à degradação severa.

Por outro lado, as voçorocas, que representam a forma mais grave de erosão, aumentaram de 77 metros em 2010 para 150 metros em 2022, um acréscimo de 73 metros, o que representa um crescimento expressivo de 94,81%. Esse avanço das voçorocas indica que, apesar de intervenções para controlar ravinas, algumas áreas atingiram níveis críticos de degradação, em que os processos erosivos mais severos continuam a se expandir. A progressão dessas feições está associada à perda contínua de cobertura vegetal e ao uso intensivo da terra, especialmente nas áreas de transição agrícola e minerária, exacerbando o processo de erosão em pontos já vulneráveis do terreno (Guerra; Botelho, 1996; Guerra; Bezerra; Jorge, 2023)

As matas ciliares e formações florestais de encosta registraram um aumento expressivo de 49,08%, com um acréscimo de 137.943 m². Esse crescimento, concentrado

especialmente em áreas de preservação permanente (APPs) próximas aos cursos d'água, parece estar relacionado a iniciativas locais de recuperação ambiental. A expansão dessas áreas vegetadas sugere esforços direcionados à conservação e recomposição da vegetação nativa, essencial para o controle da erosão e a preservação da qualidade dos recursos hídricos. Ao mesmo tempo, a redução de 9,28% na vegetação herbácea, equivalente a 59.325 m², indica que áreas menos manejadas anteriormente podem ter sido substituídas por atividades agrícolas ou ocupações antrópicas.

Esse aumento da vegetação nativa, em contraste com a perda de cobertura herbácea, parece ser impulsionado menos pelas mudanças do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e mais pela aplicação de políticas locais e mecanismos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Embora o Código de 2012 tenha introduzido medidas como o CAR e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), este é considerado menos restritivo em relação à legislação anterior de 1965, o que pode permitir usos inadequados, principalmente em pequenas propriedades. No entanto, a legislação municipal e a intensificação da fiscalização local parecem ter sido mais decisivas na regularização e recuperação de áreas degradadas, especialmente nas APPs, onde a atuação local compensou eventuais lacunas da legislação federal. Essa dinâmica reforça a importância de abordagens regionais para a proteção ambiental, mostrando como a atuação em nível municipal pode ser crucial para a preservação e expansão de áreas vegetadas em contextos específicos (Andrade; Diniz, 2007; Diniz, 2012; Silva; Defante; Vilpoux, 2014).

Em relação aos corpos d'água, os lagos e represamentos artificiais sofreram uma redução de 27,62%, com uma perda de 12.999 m². Essa diminuição pode estar associada ao desmantelamento de áreas anteriormente represadas para fins de mineração ou agricultura. Os lagos naturais também apresentaram uma leve redução de 2,35%, diminuindo 180 m². Esses dados sugerem uma pressão antrópica sobre os corpos d'água do trecho, com impactos tanto em ambientes naturais quanto em áreas artificialmente criadas para retenção de água.

No Trecho Rio Capivari 2, as mudanças observadas nas feições hidrográficas naturais e antropizadas revelam processos significativos ao longo do período analisado. As transformações nos corpos d'água, tanto naturais quanto artificiais, indicam uma complexa interação entre as atividades antrópicas, como a mineração e a agricultura, e os processos geomorfológicos subjacentes, refletindo-se nas dinâmicas de erosão, deposição e modificação dos cursos d'água.

Primeiramente, destaca-se a redução expressiva nos canais pluviais, que diminuíram em 1.580 metros, representando uma variação de -65,94%. Essa mudança pode ser atribuída à

modificação do escoamento superficial na região, muitas vezes influenciada pela expansão de áreas urbanas e agrícolas que impactam o regime natural de drenagem. A redução nos canais pluviais sugere um aumento da artificialização dos sistemas de escoamento, possivelmente associada à implementação de estruturas de drenagem que canalizam o fluxo de água, minimizando o desenvolvimento de canais pluviais naturais e potencializando os processos de erosão superficial e consequentemente aumentando a deposição em áreas mais rebaixadas, inclusive nos canais pluviais.

Em relação aos lagos naturais, houve uma leve diminuição de 186 m² (-2,43%), o que possivelmente sugere uma pressão contínua sobre essas áreas, talvez associada a processos de assoreamento ou expansão da vegetação marginal. Embora a perda de área seja relativamente pequena, esta pode indicar um desequilíbrio entre os processos de erosão e deposição nas áreas adjacentes aos lagos. Atividades antrópicas, como a retirada de vegetação ciliar e o uso intensivo do solo, podem estar contribuindo para o aumento da sedimentação nos corpos d'água, potencialmente afetando sua extensão.

Por outro lado, os lagos artificiais apresentaram uma redução significativa de 12.999 metros quadrados, o que corresponde a uma variação de -27,62%. Esse decréscimo está relacionado à desativação de lagos de piscicultura, o que resultou na retração das áreas ocupadas por esses lagos. A diminuição de lagos artificiais também sugere mudanças nas dinâmicas de afloramento do lençol freático no setor, uma vez que se observou uma redução generalizada nos corpos e feições hidrográficas.

Além disso, as modificações nos canais fluviais fornecem uma visão clara das dinâmicas geomorfológicas atuantes no trecho. O canal fluvial retificado sofreu uma leve redução de 53 metros (-9,38%), possivelmente indicando um processo de naturalização ou reconfiguração das margens do canal, que pode ter sido favorecido pela menor intervenção humana, indicação especialmente válida pelo contexto do espaço rural. A retificação de canais, frequentemente associada a atividades antrópicas como drenagens artificiais e canais agrícolas, pode ser revertida por processos geomorfológicos naturais, como o retorno da vegetação nas margens e o restabelecimento de curvas e meandros através do estabelecimento de um novo regime hídrico (Cardoso; Baptista, 2011).

Por outro lado, o canal fluvial com fundo de vale plano aumentou modestamente em 58 metros (1,72%), refletindo um processo de expansão das áreas de deposição e, possivelmente, de sedimentação ao longo do curso do rio. Esse aumento indica que os vales fluviais estão se alargando em resposta ao aumento do aporte sedimentar, consequentemente promovendo uma reconfiguração do sistema de drenagem. Já o canal fluvial com fundo de

vale encaixado apresentou um aumento significativo de 197 metros (34,74%), o que sugere um aprofundamento dos vales, possivelmente refletindo mudanças na rede de drenagem que alteraram o equilíbrio deposicional em outras áreas. Esse processo é exacerbado por mudanças no uso da terra que aumentam o escoamento superficial, promovendo o aumento da profundidade e a erosão das margens dos canais.

A tabela 10 a seguir reúne a evolução dos parâmetros geoindicadores para as feições hidrográficas do Trecho Rio Capivari 2:

Tabela 10 - Feições hidrográficas naturais e antropizadas no Trecho Rio Capivari 2 (2010-2022).

Tipo de Feição	Área/Comprimento 2010	Área/Comprimento 2022	Diferença	Variação (%)
Canal pluvial	2.396	816	-1580	-65,94
Lagos naturais	7.659	7.473	-186	-2,43
Lagos artificiais	47.066	34.068	-12.999	-27,62
Canal fluvial canalizado	0	0	0	0
Canal fluvial retificado	565	512	-53	-9,38
Canal fluvial com fundo de vale plano	3.367	3.367	0	0
Canal fluvial com fundo de vale encaixado	567	764	197	34,74

Fonte: O autor (2024).

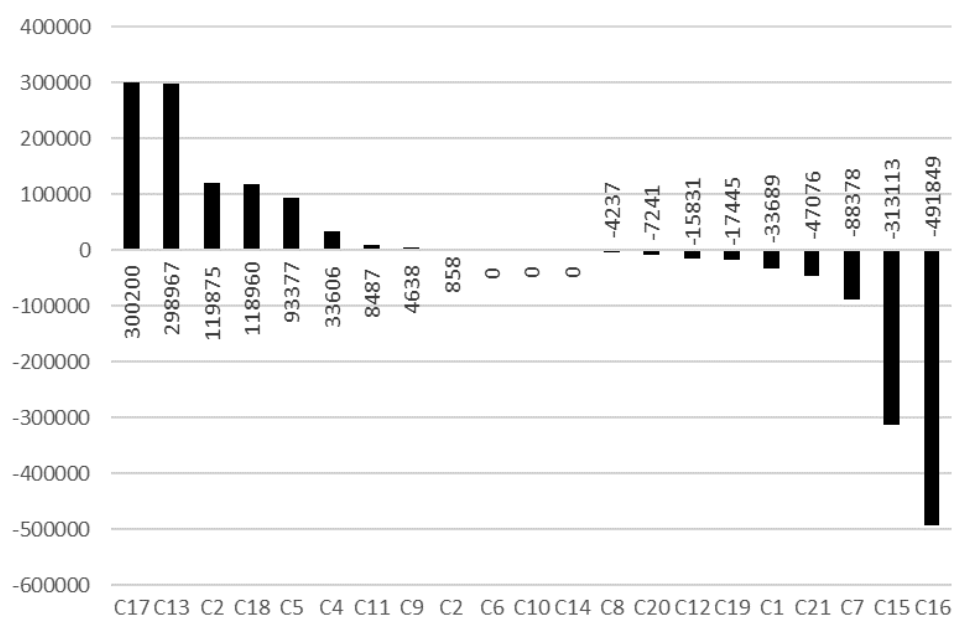
As transformações no Trecho Rio Capivari 2 apontam para uma transição clara de um espaço com atividades minerárias e industriais para um uso mais voltado à expansão agrícola e urbana, com avanço da vegetação de porte ciliar concentrada nas áreas de preservação dos cursos d'água.

5.4 Trecho Córrego Água Comprida

A análise dos dados do Trecho Córrego Água Comprida revela dinâmicas de uso da terra que apontam para uma intensificação agrícola e urbana, acompanhada por um processo de regeneração florestal. O aumento significativo da cana-de-açúcar e da área urbana edificada reflete uma expansão dessas atividades, enquanto a redução das áreas de pastagem e

corpos d'água naturais sugere uma reorganização do território em função dessas demandas. Simultaneamente, a recuperação de matas ciliares indica esforços de conservação ambiental em meio a essas pressões antrópicas (Gráfico 06).

Gráfico 06 - Mudanças (em m²) nas Classes de Uso da Terra no Trecho 'Rio Capivari 1' entre 2010 e 2022.⁸



Elaboração: o autor (2024).

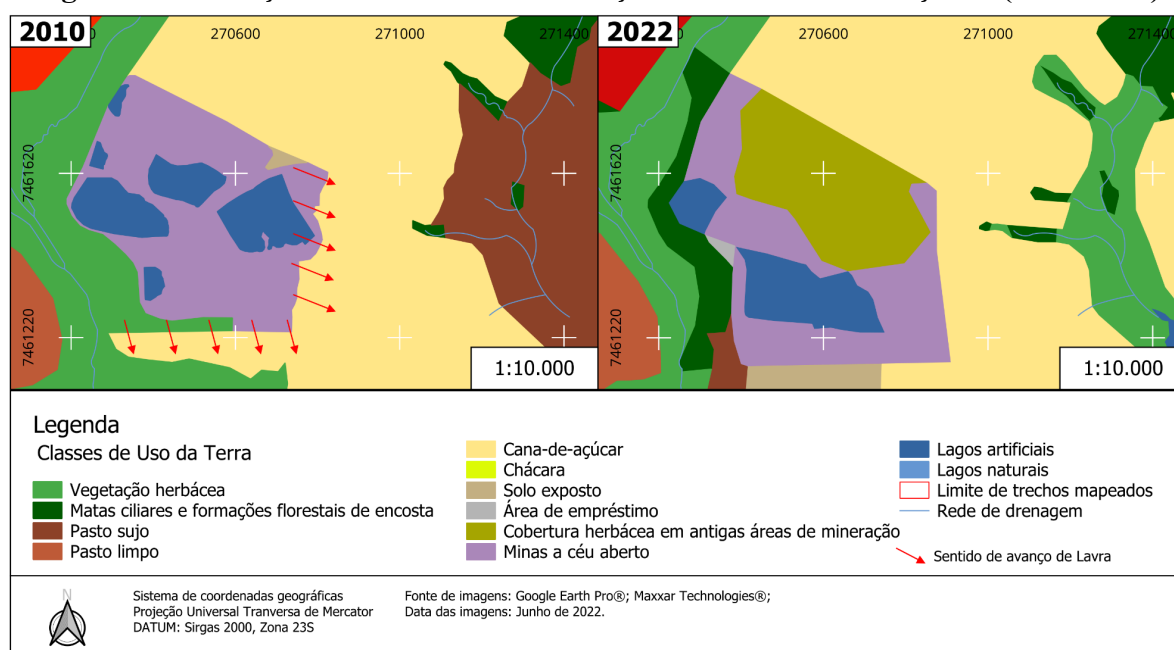
Especificamente para as atividades de mineração, a classe minas a céu aberto sofreu uma redução expressiva de 33.689 m² (-18,54%), registrando o abandono de partes das minas e o consequente avanço da atividade, sem reposição integral de área. Essa diminuição está acompanhada do surgimento da cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, que ocupou 119.875 m² até 2022.

Apesar da redução em área, os parâmetros geoindicadores desta atividade no trecho revelam um aumento expressivo dos patamares em cava de mineração, tanto suaves quanto abruptos, com destaque para o crescimento de 296,53% dos patamares suaves. Esse aumento

⁸A legenda a seguir apresenta as classes de uso da terra utilizadas nos gráficos de mudança em metros para cada setor analisado: C1 - Minas a céu aberto, C2 - Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, C3 - Área de empréstimo, C4 - Solo exposto, C5 - Área urbana edificada, C6 - Área urbana parcialmente edificada, C7 - Área urbana sem edificação, C8 - Indústria, C9 - Chácara, C10 - Área de esporte e recreação, C11 - Área construída, C12 - Habitação agrícola, C13 - Cana-de-açúcar, C14 - Cultura anual, C15 - Pasto limpo, C16 - Pasto sujo, C17 - Matas ciliares e formações florestais de encosta, C18 - Vegetação herbácea, C19 - Lagos e represamentos artificiais, C20 - Lagos naturais, C21 - Área de alagamento sazonal.

reflete uma intensificação na reorganização da atividade, que realiza cortes nos terrenos por desmonte mecânico ainda em pacotes de material mais próximos da superfície, enquanto a redução de 17,02% das cavas de mineração abaixo do nível freático sugere um possível encerramento de frentes de lavra submersas. Esse processo, juntamente com a regeneração da cobertura herbácea em antigas áreas de mineração, demonstra uma reconfiguração contínua deste empreendimento em particular, que opera desde 2006, de acordo com a visualização de imagens orbitais (Figura 12).

Figura 12 - Avanço da atividade de mineração sobre a Cana-de-açúcar (2010-2022).



Fonte: Os autores (2024).

A área de empréstimo, destinada à extração temporária de solo, registrou um aumento de 62,35%, totalizando 2.234 m², e foi utilizada pela mineração para modificações pontuais no sistema de cavas. Esse crescimento está diretamente associado às atividades de ampliação e reconfiguração das cavas de mineração. O expressivo aumento de 1.500,94% no solo exposto (33.606 m²) está relacionado à remoção de vegetação para a abertura de novas frentes de lavra, evidenciando a contínua expansão das atividades minerárias na região e seus impactos sobre a cobertura vegetal e o relevo.

A área urbana edificada teve uma expansão considerável de 93.377 m² (34,82%), apontando para a intensificação do processo de urbanização no trecho. Já a área construída aumentou em 8.487 m², representando novas edificações, enquanto a chácara apresentou um

crescimento de 4.638 m² (17,17%), sugerindo um aumento das propriedades de lazer ou pequenas propriedades rurais voltadas à produção familiar ou ao turismo.

Em contrapartida, a indústria diminuiu em 4.237 m² (-35,57%), refletindo uma possível redução da atividade industrial na área, o que está relacionado à transição de uso para fins mais residenciais ou agrícolas. O dado mais impressionante nesse agrupamento é a eliminação total da área urbana sem edificação (-100%), com uma perda de 88.378 m², indicando a completa consolidação dessas áreas. A tabela 11 abaixo reúne os dados da evolução das áreas antrópicas não agrícolas para este trecho:

Tabela 11 - Transformações em Áreas Antrópicas Não Agrícolas no Trecho Córrego Água Comprida (2010-2022).

Classe de Uso da Terra	2010 (m ²)	2022 (m ²)	Diferença (m ²)	Mudança (%)
Solo Exposto	2.239	35.845	33.606	1.500,94
Indústria	11.911	7.674	-4.237	-35,57
Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração	0	119.875	119.875	-
Chácara	27.006	31.644	4.638	17,17
Área construída	0	8.487	8.487	-
Área de empréstimo	1.376	2.234	858	62,35
Área urbana edificada	268.168	361.545	93.377	34,82
Área urbana parcialmente edificada	0	0	0	-
Área urbana sem edificação	88.378	0	-88.378	-100
Área de esporte e recreação	0	0	0	-

Fonte: O autor (2024).

Ainda dentro desse contexto de intensificação das atividades antrópicas, o trecho apresenta alterações consideráveis no modelado antrópico associado às construções. A ruptura topográfica antrópica suave, que mede as alterações no relevo relacionadas às construções, sofreu uma redução acentuada de 1.535 metros (-59,89%). Isso indica que houve uma reversão desse tipo de alteração suave do relevo, possivelmente devido ao processo de urbanização que consolidou áreas previamente modificadas. Em paralelo, a ruptura topográfica antrópica abrupta teve seu valor mantido, uma vez que estão concentrados em porções do relevo circunvizinhas às minas.

No contexto das áreas antrópicas agrícolas, a expansão da cana-de-açúcar, que ocupou mais 298.967 m² (13,33%), destaca-se como uma das mudanças mais significativas, consolidando seu papel dominante como cultura agrícola principal no trecho. Esse avanço ocorreu predominantemente sobre as áreas de pastagem, refletindo uma reordenação territorial em função do crescimento dessa atividade. A redução da habitação agrícola, que

diminuiu 15.831 m² (-24,29%), pode ser explicada por uma migração populacional associada à reorganização territorial promovida pelo avanço contínuo das áreas urbanas. Isso é consistente com a drástica diminuição tanto do pasto limpo quanto do pasto sujo, que sofreram reduções de 313.113 m² (-23,37%) e 491.849 m² (-61,53%), respectivamente. A conversão dessas áreas para cana-de-açúcar e outros usos mais lucrativos ilustra uma intensificação no uso agrícola em detrimento das atividades pastoris.

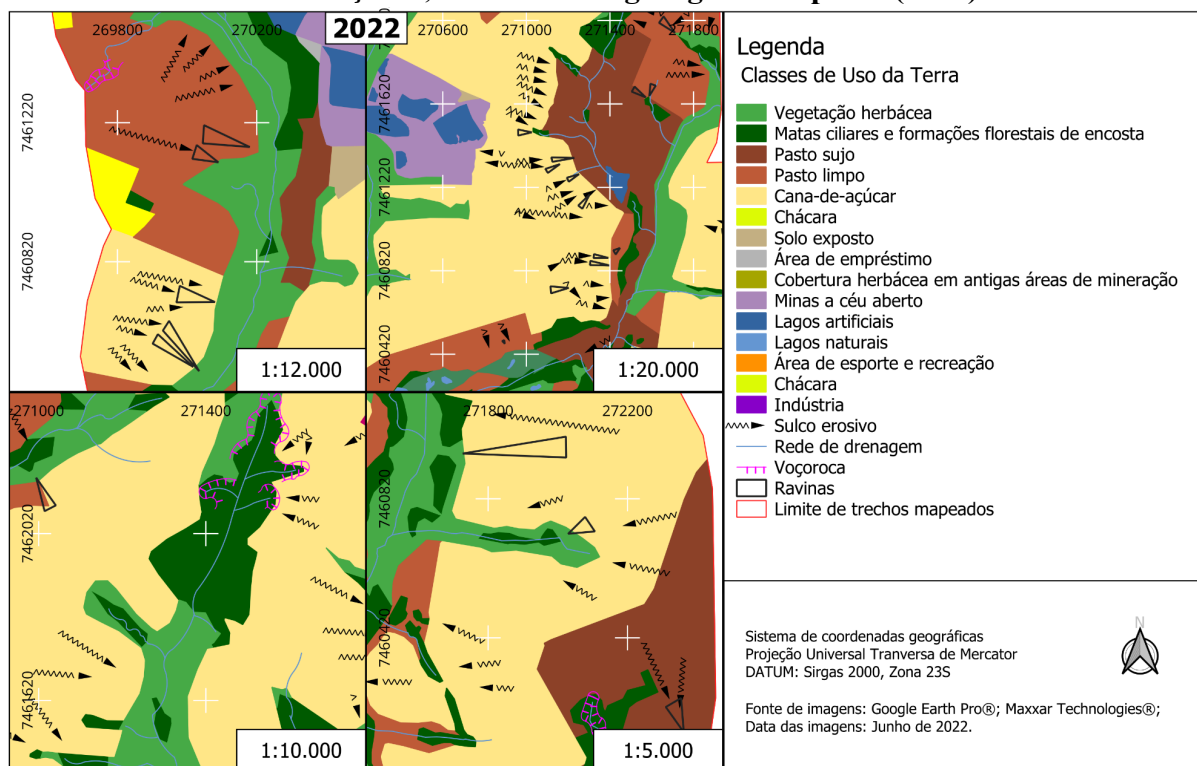
No Trecho Córrego Água Comprida, a correlação entre a expansão das áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar e a evolução das feições erosivas é evidenciada por um aumento de 298.967 m² (13,33%) na área cultivada. Este crescimento no uso da terra reflete-se na intensificação dos processos erosivos, conforme demonstram os dados que indicam um aumento de 2.407 metros (51,71%) nos sulcos erosivos ao longo do período analisado. Tal incremento sugere que a remoção da vegetação nativa associada às práticas agrícolas, favorece a erosão pelo escoamento superficial e pela precipitação.

Goudie e Viles (1997, apud Guerra, 2011) argumentam que, embora a erosão seja um processo natural, sua aceleração é frequentemente atribuída à interferência humana, especialmente no que se refere à remoção da cobertura vegetal e à gestão inadequada das atividades agrícolas.

Adicionalmente, o crescimento das voçorocas no trecho, que aumentaram em 531 metros (50,96%), representa um indicador crítico da degradação do solo. Aumentos nas ravinas, que também se expandiram em 410 metros (31,27%), corroboram a hipótese de que a intensificação do cultivo de cana-de-açúcar contribui para a piora da erosão observada na região, especialmente dada a concentração dessas feições nas áreas de cultivo (Figura 13).

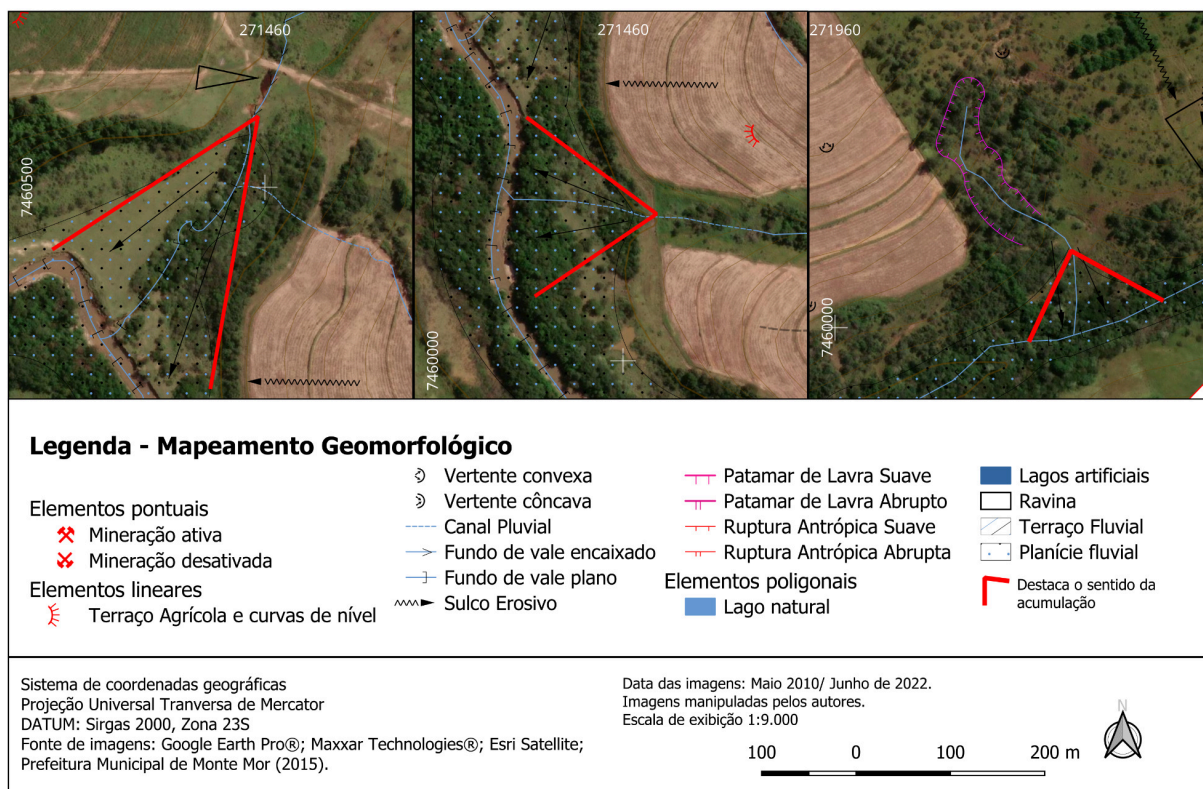
As áreas dedicadas ao cultivo de cana-de-açúcar, silvicultura e pastagem exigem técnicas específicas para garantir uma produção sustentável e estável, conforme apontam Pinton e Cunha (2015). Contudo, a longo prazo, essa intervenção no meio ambiente resulta em transformações consideráveis na morfologia do relevo, levando à intensificação de processos erosivos. Essas mudanças são frequentemente visíveis por meio do surgimento de feições erosivas lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas. Lepsch (2010) descreve que, em encostas, a concentração da água que flui por pequenos sulcos pode resultar na ampliação desses sulcos, culminando na formação de grandes cavidades ramificadas. Além disso, também podem ocorrer alterações em áreas deposicionais, como o crescimento de depósitos em planícies e terraços fluviais, como os observados no trecho analisado e reunidos na Figura 14.

Figura 13 - Concentração de feições erosivas em área de monocultura de cana-de-açúcar, Trecho Córrego Água Comprida (2022).



Fonte: Os autores (2024).

Figura 14 - Leques aluviais no Trecho Córrego Água Comprida (2022).



Fonte: Os autores (2024).

Em relação à vegetação, o aumento de matas ciliares e formações florestais de encosta foi substancial, com 300.200 m² a mais (68,48%). Esse crescimento sugere uma expansão das áreas de proteção ambiental, provavelmente também associadas às políticas do CAR e PRA. A vegetação herbácea também apresentou um crescimento significativo de 118.960 m² (14,59%), indicando o adensamento de vegetação em áreas anteriormente usadas para pastagem sem manejo.

Os lagos e represamentos artificiais e os lagos naturais apresentaram quedas expressivas de área, com uma perda de 17.445 m² (-21,69%) e 7.241 m² (-49,22%), respectivamente. A área de alagamento sazonal também foi fortemente impactada, com uma perda de 47.076 m² (-46,5%). Esse declínio pode estar relacionado tanto à drenagem para a expansão agrícola quanto a mudanças no regime hídrico natural da área, que observou um aumento substancial nas feições deposicionais.

As transformações observadas nas feições hidrográficas do Trecho Córrego Água Comprida indicam uma reorganização significativa do regime hídrico local, marcada pela intensificação de canais pluviais e a redução de áreas naturais de acúmulo de água. A expansão de 796 metros (60,90%) no canal pluvial aponta para o aumento da infraestrutura de drenagem artificial em alguns pontos, o que pode ter contribuído para a queda nas áreas de alagamento sazonal. Em outros pontos, os canais pluviais se expandiram sobre os fluviais, indicando uma redução do nível de afloramento das nascentes da área.

A redução expressiva nas áreas de lagos artificiais, com uma perda de 5.518 m² (-53,34%), também reflete essa transição de uso, possivelmente explicada pelo acúmulo de sedimentos nos barramentos artificiais, que passaram por um processo de elevação do seu nível de base. As perdas associadas aos lagos naturais também são notáveis, com 7.241 m² (-49,22%) a menos. Isso evidencia um declínio que pode estar diretamente relacionado a essa reorganização antrópica do fluxo hídrico, que visa ajustar o território às necessidades produtivas.

A diminuição de 1.991 metros (-39,91%) nos canais fluviais com fundo de vale encaixado reforça a ideia de uma redistribuição do fluxo hídrico natural, resultando na transformação de leitos fluviais originais. Essa tendência indica o encurtamento dos canais perenes, especialmente os de primeira ordem, devido a um rebaixamento do nível de afloramento das nascentes.

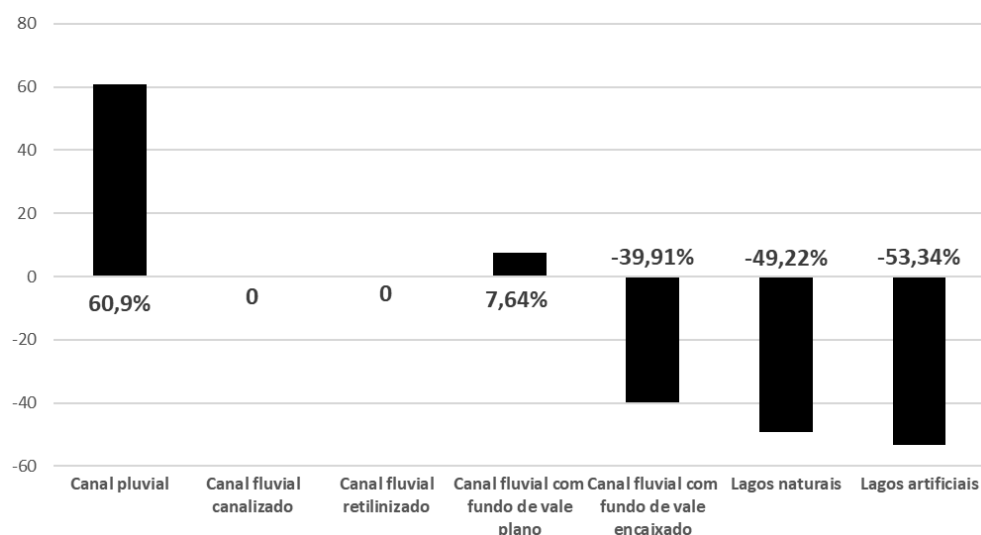
Ainda, a análise dos canais fluviais com fundo de vale plano revela um aumento de 550 metros (7,64%), refletindo a expansão dessa feição hidrográfica ao longo dos cursos

d'água. Essa expansão sugere que, apesar das mudanças relacionadas à drenagem e reorganização do fluxo hídrico, houve também uma extensão das áreas de canal fluvial associado ao fundo de vale plano, o que pode estar vinculado a processos deposicionais recentes ou à expansão das planícies aluviais naturais.

Em contraste, outras áreas como os canais fluviais canalizados permaneceram ausentes, evidenciando uma falta de expansão dessa infraestrutura específica no Córrego Água Comprida, enquanto canais fluviais retelinizados não apresentaram alteração no trecho.

O gráfico 07, abaixo, reúne e ilustra as mudanças mencionadas para as feições hidrográficas naturais e antropizadas deste trecho em análise:

Gráfico 07 - Evolução das feições hidrográficas naturais e antropizadas no Trecho Córrego Água Comprida (2010 - 2022).



Elaboração: o autor (2024).

Esse cenário de transformação é coerente com as observações de Botelho (2011), que afirma que as maiores intervenções em cursos d'água, historicamente, têm ocorrido em tempos recentes, com ênfase na modificação dos rios para atender às demandas urbanas e produtivas. Intervenções como cortes, aterros e canalizações são comuns em áreas urbanizadas, alterando significativamente a dinâmica dos rios, como menciona Vieira e Cunha (2014), que ressaltam o impacto das obras de engenharia na modificação das seções transversais dos rios e na alteração do seu perfil longitudinal. Essas intervenções, ao alterar o equilíbrio hidrológico e geomorfológico, intensificam processos erosivos e deposicionais.

A análise dos canais fluviais com fundo de vale encaixado no trecho estudado mostra uma redução de 1.991 metros (-39,91%), indicando o encurtamento de canais perenes, particularmente aqueles de primeira ordem. Esse fenômeno pode estar relacionado ao rebaixamento do nível de afloramento das nascentes, com repercussões diretas na extensão e funcionalidade dos canais originais. Por outro lado, os canais fluviais com fundo de vale plano apresentaram um aumento de 550 metros (7,64%), o que sugere uma expansão deposicional associada ao processo de sedimentação natural e à formação de novas planícies aluviais, confirmando as ideias de Christofolletti (1981). Segundo o autor, a evolução dos vales está atrelada a processos fluviais de erosão, transporte e deposição, que, combinados com a interferência antrópica, resultam em um novo equilíbrio dinâmico.

Essas alterações evidenciam uma reconfiguração espacial e funcional dos cursos d'água, onde as características naturais dos canais são transformadas para acomodar a expansão agrícola e urbana. A diminuição dos fundos de vale em "V" e o aumento dos fundos de vale planos refletem tanto as ações antrópicas quanto os processos naturais de sedimentação. Segundo Botelho (2011), ao canalizar cursos d'água e alterar seu percurso original, como a retificação de meandros, os rios são forçados a encontrar um novo equilíbrio, o que impacta diretamente a morfodinâmica fluvial, intensificando os processos erosivos e deposicionais nas margens e leitos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se baseou no arcabouço teórico da Geomorfologia antropogênica, que avalia o papel do ser humano como agente transformador do relevo e dos processos geomorfológicos. A análise aqui conduzida integra os impactos das atividades antrópicas sobre as formas de relevo com as modificações no uso da terra entre 2010 e 2022, fornecendo uma visão abrangente das consequências da ocupação humana sobre os sistemas ambientais. A abordagem buscou destacar as interações entre os processos geomorfológicos e o uso da terra, enfatizando a relevância dos processos de evolução das áreas urbanas e rurais observados nos quatro trechos estudados — Rio Capivari 1, Rio Capivari Mirim, Rio Capivari 2 e Córrego Água Comprida.

Em relação à metodologia, o mapeamento de uso da terra possibilitou a identificação de mudanças significativas nas atividades antrópicas, com foco especial nas áreas mineradas. A comparação entre os períodos de 2010 a 2022 revelou transformações expressivas no uso da terra, essenciais para entender as alterações geomorfológicas. O mapeamento

geomorfológico detalhado permitiu identificar as modificações no relevo, destacando as formas originais e as modificações causadas pela ocupação humana. Por fim, a aplicação de geoindicadores facilitou uma avaliação precisa das alterações morfológicas nas unidades de vertente, topos e fundos de vale, proporcionando uma compreensão abrangente das perturbações no modelado da área de estudo.

Acerca das dinâmicas apreendidas entre 2010 e 2022, o trecho Rio Capivari 1 passou por intensas modificações no uso da terra, marcadas pela expansão urbana, introdução de atividades minerárias e degradação de áreas agrícolas. A urbanização consolidou-se com o aumento significativo de áreas edificadas, enquanto a abertura de cavas de mineração, especialmente abaixo do nível freático, intensificou os impactos sobre o relevo e o sistema hídrico local. O manejo inadequado de pastagens contribuiu para o aumento de processos erosivos, como sulcos e ravinas, agravando a degradação do solo. Esse cenário evidencia conflitos entre o ordenamento territorial e o uso da terra, especialmente em áreas de especial interesse ambiental, ressaltando a necessidade de uma gestão integrada e sustentável.

Para o Trecho Rio Capivari Mirim, o período foi marcado por significativas transformações no uso da terra, com destaque para a expansão urbana e agrícola, especialmente em áreas anteriormente destinadas à pastagem e mineração. A urbanização, embora ainda em estágio inicial, já provoca alterações perceptíveis no relevo, com o surgimento de rupturas topográficas e processos erosivos intensificados. A interação entre as atividades urbanas e rurais reflete a pressão crescente da urbanização sobre as práticas agrícolas e o meio ambiente, levando a mudanças geomorfológicas e à modificação das dinâmicas hidrográficas e erosivas na região.

No Trecho Rio Capivari 2, foram observadas mudanças profundas no uso da terra e em suas feições geomorfológicas e hidrográficas, evidenciando a interdependência entre esses aspectos. A desativação das atividades minerárias, seguida pelo aumento da agricultura, principalmente com a expansão da monocultura da cana-de-açúcar, resultou na criação de rupturas topográficas suaves e abruptas. Essas alterações geomorfológicas são evidentes nas áreas de pastagem e nas zonas agrícolas, onde a remoção da vegetação natural e a modificação do solo favoreceram o aparecimento de erosões acentuadas, como sulcos e voçorocas, sobretudo em encostas degradadas pela atividade antrópica. A estabilização de ravinas e a substituição de lagos artificiais e canais pluviais por áreas urbanizadas refletem o impacto das intervenções humanas na rede hidrográfica.

Por fim, no trecho Córrego Água Comprida, o período entre 2010 e 2022 foi marcado pela intensificação das atividades agrícolas e urbanas, destacando-se o aumento das áreas de

cultivo de cana-de-açúcar e a expansão urbana edificada. Paralelamente, observou-se um processo de regeneração florestal, com um crescimento significativo de matas ciliares, indicando esforços de conservação ambiental. No entanto, as atividades minerárias sofreram reconfigurações, com a redução de minas a céu aberto e o surgimento de cobertura herbácea em áreas antes mineradas. Esses fatores, somados ao crescimento de feições erosivas, apontam para o impacto das atividades antrópicas no relevo e no sistema hídrico local.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que as atividades antrópicas, especialmente a mineração, têm um papel central na dinâmica geomorfológica da Bacia do Rio Capivari em seu médio curso. As alterações observadas no uso da terra, as mudanças na configuração do relevo e os processos erosivos intensificados ressaltam a interdependência entre as morfologias antropogênicas e as transformações ambientais. A expansão da cana-de-açúcar e a urbanização, juntamente com a reconfiguração das áreas mineradas, refletem as pressões contínuas que a ocupação humana exerce sobre os Sistemas Ambientais Físicos. Esses dados reforçam a necessidade de uma abordagem integrada e adequada para a gestão do território, a fim de congregiar as noções da teoria geral dos sistemas, com especial ênfase na Geomorfologia antropogênica, aos processos decisórios de ordenamento do território e ao planejamento, alinhando-se assim ao objetivo principal deste trabalho de identificar e analisar essas dinâmicas no contexto do médio curso do Rio Capivari.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA, F.F.M. de (1964). Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico. N° 41. p.169-263.

ANDRADE, J. M. F. DINIZ, K. M. Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão. 2007, 131p. Monografia em Especialista em Gerenciamento Ambiental - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007.

ANM (Agência Nacional de Mineração). Superintendência de Regulação e Governança Regulatória. Coordenação de Economia Mineral. Anuário Mineral Brasileiro Interativo. Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWIyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eac1c0e9e21725a>. Acesso em: 03/09/2022.

ANM (Agência Nacional de Mineração). Superintendência de Regulação e Governança Regulatória. Coordenação de Economia Mineral. Observatório da CFEM. Disponível em:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWFhOTQtNmU5NjEyMTI3ZDMxIiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection7a43f884dc43352e5953>. Acesso em: 03/09/2022.

BARBOSA, O.; ALMEIDA, F.F.M. A Série Tubarão na Bacia do rio Tietê, Estado de São Paulo. Divisão de Geologia e Mineração. Notas preliminares e estudos. Rio de Janeiro: DNPM, n. 48, p. 1-16, 1949.

BROWN, E. H. O Homem modela a terra. Boletim Geográfico. Rio de Janeiro, v. 30, n. 222, p. 3 – 18, Maio/Jun. 1971.

BROWN, G. et al. Depósitos Minerais 1: Origem e Distribuição – Bloco 3 Parte 1, Recursos físicos da Terra, Editora UNICAMP/ The Open University, 1997. Tradução e Adaptação Roberto Perez Xavier.

BROWN, G. et al. Materiais de Construção e outras Matérias-Primas – Bloco 2, Recursos físicos da Terra. Editora UNICAMP/ The Open University, 1995. Tradução e Adaptação Luiz Augusto Milani Martins.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. O problema de classificação dos fatos geomorfológicos. Boletim Geográfico. Rio de Janeiro, v.24, n.188, 1965, p. 643 – 709.

CAMPANA, N.A.; TUCCI, C.E.M. Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas. Rio Janeiro. RBE: Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, v.12, n.2, p. 79 –94, Dez, 1994.

CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, M. B. - Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas - RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, V. 16, n.1, p. 129-139, Jan/Mar, 2011.

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

CERON, A. O.; DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 2, p. 161– 173, 1966.

CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A. Physical Geography - A Systems Approach. Londres: Prentice-Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. A Teoria dos sistemas. Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro, n. 2, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de sistemas em geografia. São Paulo: HUCITEC, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; MORENO, M. M. T.. Sustentabilidade da Mineração no Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, São Paulo - Brasil. Cerâmica Industrial, 16 (3), 2011.

COLTRINARI, L.; McALL, G. J. H. Geoindicadores: Ciências da Terra e mudanças ambientais. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo DG/FFLCH-USP, n.9, 1997.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Domínio Geológico Litoestratográfico do Estado de São Paulo na escala 1:750.000 (2006). In: DataGEO - Sistema Ambiental Paulista. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?title=Geologia+do+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo+-+CPRM+2006&uuid=%7BFDBD2553-36E6-4344-A368-E0122C17F804%7D&layer=G_GEOLOGIA&resource=wms%3Ahttps%3A%2F%2Fdatageo.ambiente.sp.gov.br%2Fgeoserver%2Fdatageowms%2Fows%3FSERVICE%3DWMS%26&bbox=-19.786541478,-53.110175904,-44.16996,-25.317792185&layer=G_GEOLOGIA&servidorMetadados=https://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoportal/csw. Acesso em: 13/09/2022.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The “Anthropocene”. In: IGBP News Letter, n. 41, 2000, p.17 e 18.

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

DÁVID, L. Quarrying and Other Minerals. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. Anthropogenic Geomorphology: a guide to man made landforms. London: Springer, 2010, p. 113 -130.

DESCROIX, L.; BARRIOS, J. L.G.; VIRAMONTES, D.; POULENARD, J.; ANAYA, E.; ESTEVES, M. et al. Gully and sheet erosion on subtropical mountain slopes: their respective roles and the scale effect. Catena, v. 3, p. 325-339, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.07.003>.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo. CD ROM. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. Convênio DAEE-USP. Versão 1, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. Carta geológica do Projeto Sapucaí. Folha Campinas. Escala 1:250.000. Convênio Departamento Nacional de Produção Mineral e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1977.

DIAS, Elvira Gabriela Ciacco da Silva. Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2001. doi:10.11606/T.3.2001.tde-23052001-171051. Acesso em: 2024-09-19.

DINIZ, T. B. Impactos econômicos do Código Florestal Brasileiro: uma discussão a luz de um modelo computável de equilíbrio geral. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência), Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2012.

GOLOMB, B.; EDER, H. M. Landforms made by man. *Landscape*, n. 14, p. 4-7, 1964.

GOUDIE, A. *Environmental Change*. New York : Clarendon Press, 1977. 244 p.

GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. *Geomorphology*, v. 7, 1993, p. 37 – 59.

GOUDIE, A.. *The human impact on the natural environment*. Cambridge: The MIT Press, 1986, 338 p.

GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13-39.

LEPSCH, I. F. *Formação e Conservação dos solos*. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

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

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís - MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, n. 00, 2023.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL. M. S. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, 192p.

GUERRA, A. J.; BOTELHO, R. G. M.. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 19, p. 93-114, 1996.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1996.

GUIDICINI; G.; NIEBLE, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo: Blucher, 1983.

HAFF, P. K. Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape. Durham: Division of Earth and Ocean Sciences, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University, 2001, p. 1 – 22.

HOOCK, R. L. On the history of humans as geomorphic agents. *Geology*. September 2000; v. 28, n. 9, p. 843–846.

IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). Solos do Estado de São Paulo na escala 1:500.000. In: DataGEO - Sistema Ambiental Paulista. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?title=Solos+do+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo&uid=%7B907F3B21-B75C-4220-9889-4046B61A0699%7D&layer=G_PedologicoIAC&resource=wms%3Ahttps%3A%2F%2Fdatageo.ambiente.sp.gov.br%2Fgeoserver%2Fdatageowms%2Fows%3FSERVICE%3DWMS%26&bbox=-19.7478132,-53.316454155,-44.162234729,-25.31436912&layer=G_PedologicoIAC&servidorMetadados=https://datageo.ambiente.sp.gov.br/geoportal/csw>. Acesso em 04/10/2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Monte Mor. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/monte-mor/panorama>. Acesso em: 16 jun. 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Manual Técnico de Uso da Terra. 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração) (Org.). Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 – Ano base 2019. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2020. 80p.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). Comissão Técnica de Meio Ambiente. Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle. 2 ed. rev. Belo Horizonte, 1987.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). Comissão Técnica de Meio Ambiente. Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle. 2 ed. rev. Belo Horizonte, 1987.

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.metadados.idesp.sp.gov.br/catalogo/srv/por/catalog.search#/metadata/5ffa3008-8fb8-4180-a56b-f5f3e0d3fa5a>>. Acesso em: 23/01/2023.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO – IGC. Carta de utilização das terras do Estado de São Paulo, Folha Campinas. Escala 1:250.000. São Paulo: Secretaria de Economia e Planejamento de Ação Regional, Governo do Estado de São Paulo, 1980.

IPT. Mineração & Município, Bases para o Planejamento e Gestão dos Recursos Minerais, São Paulo (publicação IPT 2850), 2003.

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R.. ANÁLISE DO EFEITO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS URBANOS NA DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG. Espaço em Revista, Catalão, v. 13, n. 2, 2012. DOI: 10.5216/er.v13i2.16884.

MACEDO, A.B. Recursos Minerais não Metálicos in: Revista de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. 12 (33), pp. 67-87.

MACEDO, Arlei Benedito. Recursos minerais não-metálicos. Rev. Estudos Avançados 12 (33). São Paulo, 1998.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (Org.) Erosão e Conservação dos Solos. Rio de Janeiro: Ed. BertrandBrasil, 1999.

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

Maxar Technologies. Constellation. Disponível em: <<https://www.maxar.com/constellation>>. Acesso em: 22/01/2023.

MIYAZAKI, L. C. P.; OLIVEIRA, A. A. G. Anáglifo, fotointerpretação e imagens do Google Earth como alternativa para elaboração do mapeamento geomorfológico da Serra do Corpo Seco - Ituiutaba-MG (Brasil). Physis Terrae, Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente, Guimarães (Portugal), vol. 2, nº 2, 2020, p. 43-65.

MONTALI, L.; DEDECCA, C. S.; BAENINGER, R.; LEONE, E. T.; TELLES, S.B.S.; BALTAR, C. S. Regiões metropolitanas. Por dentro do Estado de São Paulo - Vol. 2. Campinas: NEPO/NEPP/IE/Unicamp, 2010. 264 p.

MONTE MOR (Prefeitura Municipal). Lei Complementar nº 042 de 21 de dezembro de 2015. Dispõe sobre a revisão e atualização do Plano Diretor do Município de Monte Mor e dá outras providências. Monte Mor: Prefeitura Municipal, 2015.

MONTE MOR (Prefeitura Municipal). Lei Complementar nº 043 de 21 de dezembro de 2015. Dispõe sobre a atualização do ordenamento do uso e da ocupação do solo do Município de Monte Mor e dá outras providências. Monte Mor: Prefeitura Municipal, 2015.

MONTEZEL, L. L. Pequenas cidades de regiões metropolitanas: o caso de Monte Mor (SP). 2019. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ourinhos, 2019.

MOTTA Jr, J. C.; TUCCI, C. E. M. Simulation of the urbanization effect in flow. Oxford. Hidrological Sciences Journal, v.29, n.2, p. 131 –147, jun, 1984.

NIR, D. Man, a geomorphological agent. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

NUNES, V. J.; RODRIGUES, J. C.; RODRIGUES, V. F. A.. MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador/BA. Anais... 2013.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos Tecnogênicos e Assoreamento de Reservatórios, exemplo do Reservatório de Capivari, SP/PR. 1994. 211 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, E.P. Geologia do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, Boletim 5, n. 1, 1916.

PASCHOAL, L. G. Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila: O caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP. 2010, 90 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PASCHOAL, L. G. Estudo dos Efeitos da Criação de Morfologias Antropogênicas em Área de Mineração. 2014. 177 f. Tese de Doutorado em Geografia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2014.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. 2010. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Recife: 2010, 13 p.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do Homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. UFPR, Paraná, v. 27, n. 3, 1997

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. USP, São Paulo*, n. 16, p. 24-31, 2005.

PETRI, S. Grupo Tubarão. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo*, n. 41, p. 56-63, 1964.

PETRI, S.; VIEIRA, P. C.; ODA, G. H.; BOTELHO, P. F. O Subgrupo Itararé, Permocarbonífero da região do médio Tietê, Estado de São Paulo: estudos em subsuperfície. *Revista do Instituto Geológico de São Paulo*, n. 17, v. 1, p. 63-68, jan.-dez. 1996.

PHILLIPS, J. D. Humans a geological agents and the question of escale. *American Journal of Science*, v. 297, Jan. 1997, p. 98 – 115.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. de & PRANDINI, F.L. (1981). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000*. São Paulo. IPT. 2v. (IPT, Monografia 5).

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 of London A*, n. 369, v. 1938, 2011, p. 1056-1084.

RIBEIRO, R. P. Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da bacia do Rio Capivari (SP): escala 1:25.000 - subsídio para o planejamento integrado. 2002. *Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos*, 2002.

ROCHA-CAMPOS, A.C. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (eds.). *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba: [s.n.], p. 27-102, 1967.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos Geográficos e ambientais. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, n. 14, p. 69 – 77, 2001.

RODRIGUES, C. A urbanização da Metrópole sob a perspectiva da geomorfologia. In CARLOS, A.F. e OLIVEIRA, A.U. Geografias de São Paulo. São Paulo, Contexto, v. 1, 2004, p. 89-114.

RODRIGUES, C. Geomorfologia aplicada ao planejamento físico territorial brasileiro. Tese (Doutorado em Geografia Física). FFLCH, USP, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de Planejamento Urbano: exemplo da metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia, Presidente Prudente, v. 17, 2005, p. 101–111.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de Planejamento Urbano: exemplo da metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia, Presidente Prudente, v. 17, 2005, p. 101–111.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. (1997). Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - Escala 1:500.000. São Paulo. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP / IPT / FAPESP. 2v. 63p.

SANTOS, H. G. dos; et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição, rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, H. G. dos; et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição, rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

SHALLER, N. S. Man and the Earth. New York: Duffield & Co, 1905. 240 p.

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

SILVA, V. F.; DEFANTE, L. R.; VILPOUX, O. Impacto do novo código florestal na produção de cana-de-açúcar. Seminário Internacional de Integração e Desenvolvimento Regional. Anais... Ponta Porá, 2014.

SOARES, P.C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A.; CASTRO, P.R.M. Geologia do nordeste do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 27., 1973, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: SBG, p. 209-228, 1973.

SOUZA FILHO, E.E. Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP). 1986. 121p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1986.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M.. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

SUDELPA. ABC da Mineração Aspectos Legais e Tributários, São Paulo, 1986. 18 pp.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. Terra Livre, São Paulo, n. 17, 2 sem. 2001.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Tecnogene. Bulletin I. A. E. G., v. 38, 1988, p. 133-142.

TRICART, J. La Geomorphologie et les hommes. Rev. Geom. Dynamique. v. 4, 1953, p. 154 – 156.

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

TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

VERNADSKY, V. I. The biosphere. New York: Springer-Verlag, Transl. D. B. Longmuir. Copernicus, 1998 (1926). 192 p.

VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAN, R. A. van. ITC System of geomorphological survey. Manual ITC Textbook, Netherlands: Enschede, 1975, v. 1, cap. 8.

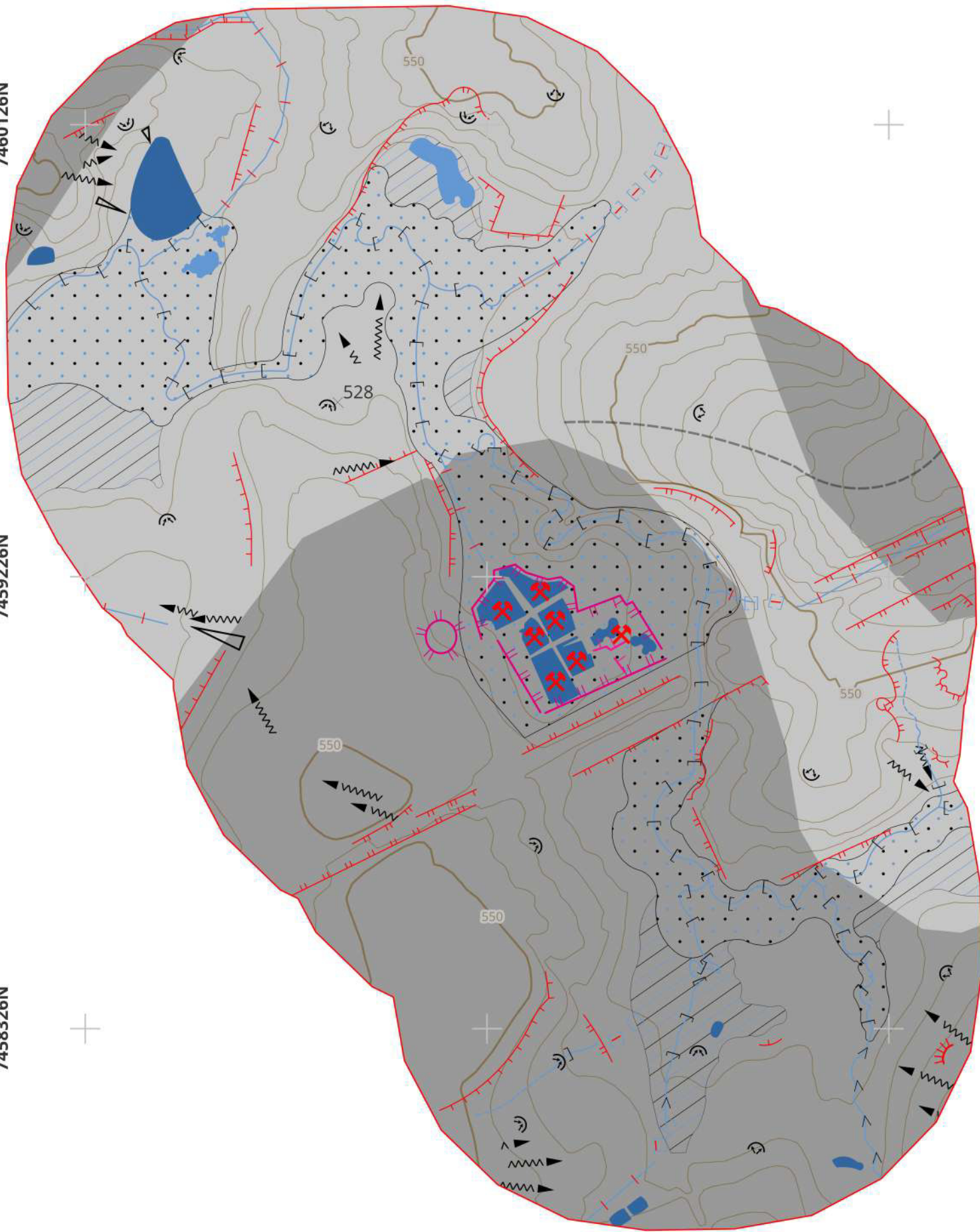
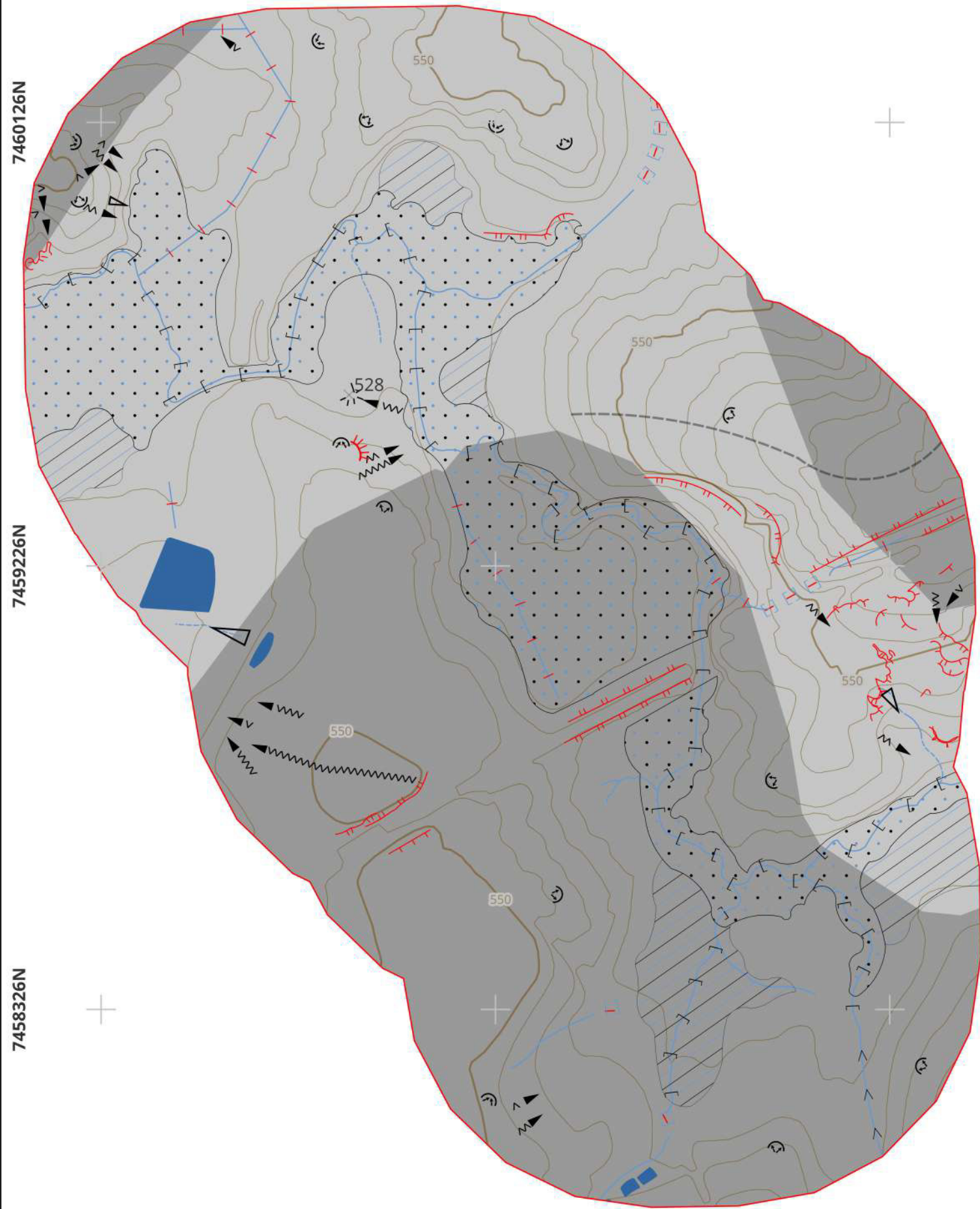
VIEIRA, V. T. e CUNHA, S. B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro) . In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 111-142.

WILKINSON, B. H. Humans as geologic agents: A deep-time perspective. *Geology*, n. 33 (3), pag. 161–164, 2005. doi: <https://doi.org/10.1130/G21108.1>

Cartas geomorfológicas do Trecho Rio Capivari 1, município de Monte Mor (SP)

2010

2022



LEGENDA

DADOS LITOLÓGICOS	Era Cenozóica	Depósitos aluvionares	
	Era Paleozóica	Grupo Itararé	
FORMAS DE VERTENTE E INTERFLÚVIOS	Vertentes	Côncava	
		Convexa	
	Formas localizadas	Sulco	
		Ravina	
		Voçoroca	
	Feições morfométricas	Curva de nível	
		Ponto cotado	
	Divisor de águas		
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
		Meandro abandonado	
	Acumulações fluviais	Planície fluvial	
		Terraço fluvial	
		Leque aluvial	
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	
MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Fundo encaixado	
		Fundo plano	
	Colina residual de atividade minerária	Ativa	
		Inativa	
		Suave	
	Patamares em cava de mineração	Abrupta	
		Suave	
		Abrupto	
	Ruptura topográfica antrópica	Suave	
		Abrupto	
	Terraços e/ ou curvas de nível agrícolas		
	Aterro para vias de circulação		
	Cavas de mineração abaixo do nível freático		
	Canal de drenagem fluvial retificado		
	Canal fluvial canalizado		
	Barramento artificial		
	Lagos artificiais		



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

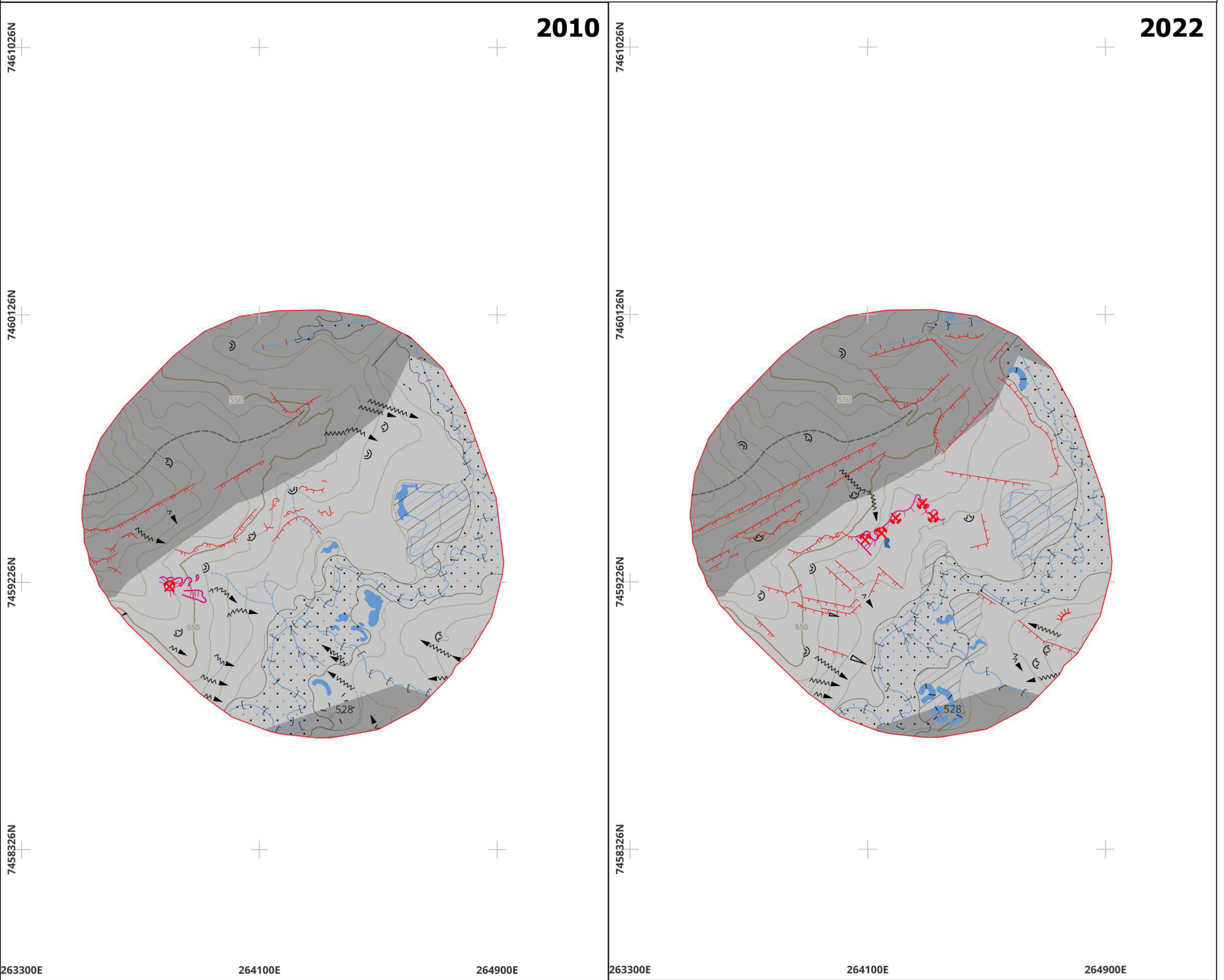
Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

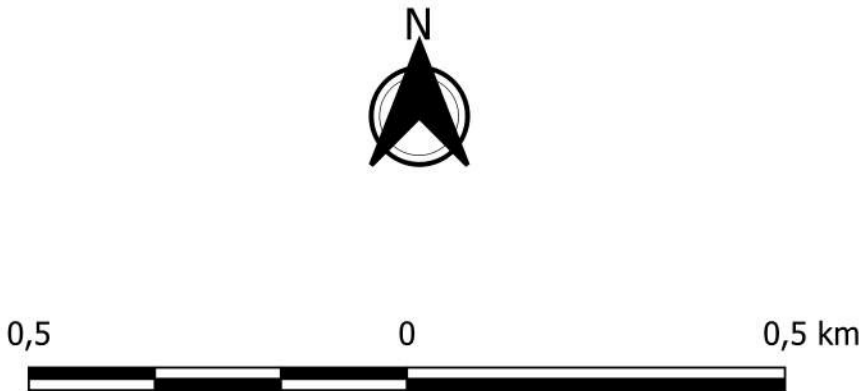
Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.

Cartas geomorfológicas do Trecho Rio Capivari Mirim, município de Monte Mor (SP)



LEGENDA

DADOS LITOLÓGICOS	Era Cenozóica	Depósitos aluvionares		
	Era Paleozóica	Grupo Itararé		
FORMAS DE VERTENTE E INTERFLÚVIOS	Vertentes	Côncava		
		Convexa		
	Formas localizadas	Sulco		
		Ravina		
		Voçoroca		
	Feições morfométricas	Curva de nível		
		Ponto cotado		
Divisor de águas				
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial		
		Canal pluvial		
		Meandro abandonado		
	Acumulações fluviais	Planície fluvial		
		Terraço fluvial		
		Leque aluvial		
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	Fundo encaixado	
		Fundo plano		
MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Ativa		
		Inativa		
	Colina residual de atividade minerária	Suave		
		Abrupta		
	Patamares em cava de mineração	Suave		
		Abrupto		
	Ruptura topográfica antrópica	Suave		
		Abrupto		
	Terraços e/ ou curvas de nível agrícolas			
	Aterro para vias de circulação			
	Cavas de mineração abaixo do nível freático			
	Canal de drenagem fluvial retificado			
	Canal fluvial canalizado			
	Barramento artificial			
	Lagos artificiais			



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

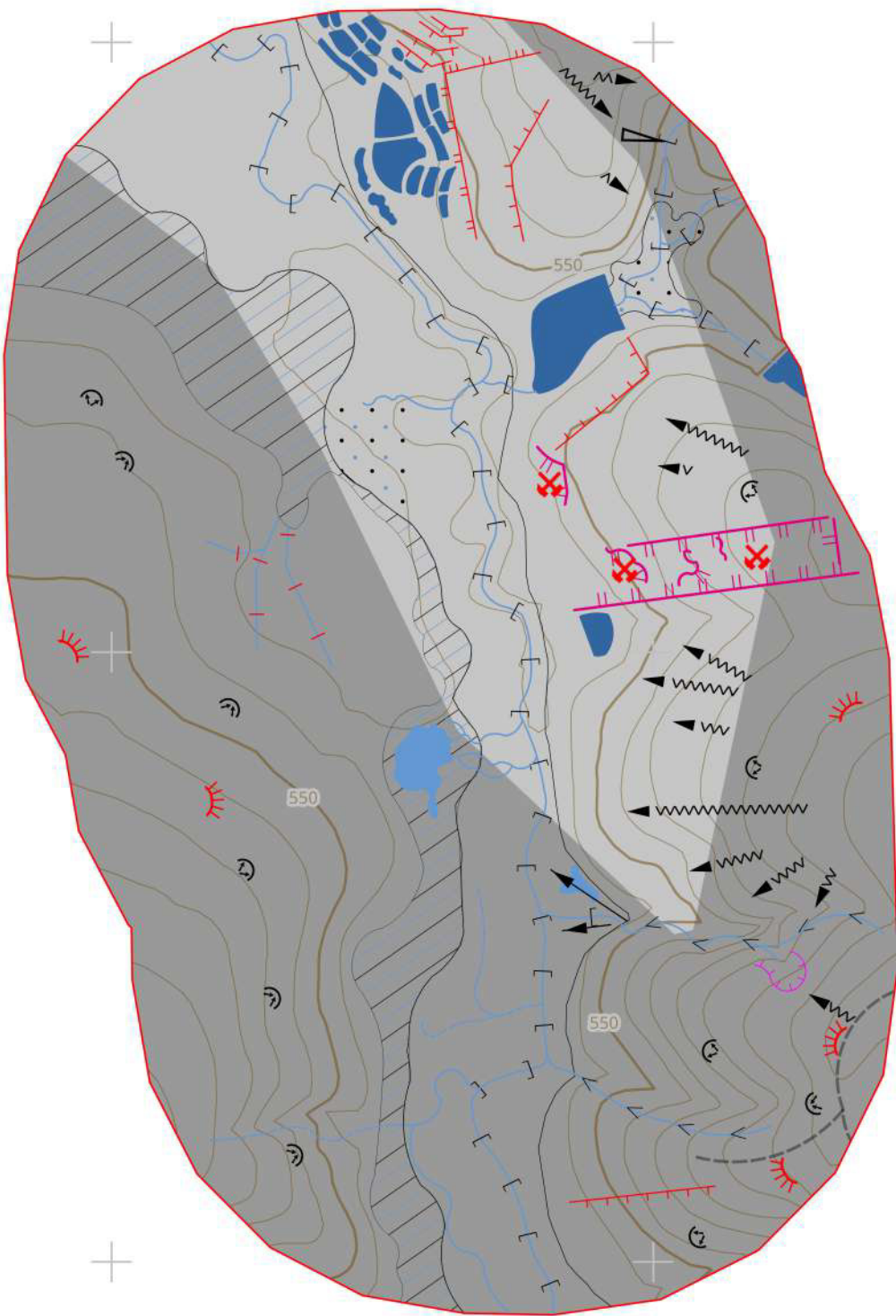
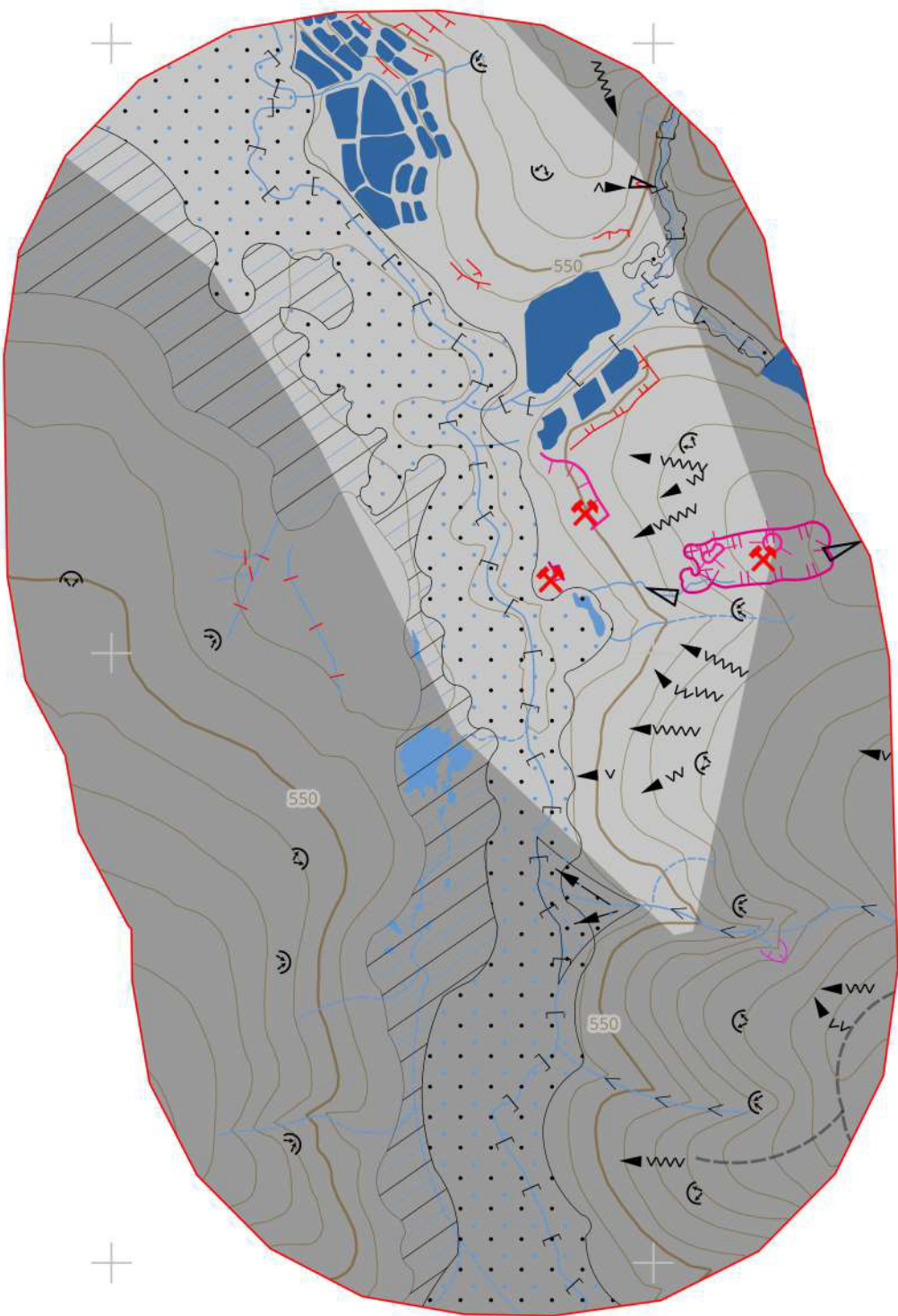
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.

Cartas geomorfológicas do Trecho Rio Capivari 2, município de Monte Mor (SP)

2010

2022



LEGENDA

DADOS LITOLÓGICOS	Era Cenozóica	Depósitos aluvionares		
	Era Paleozóica	Grupo Itararé		
FORMAS DE VERTENTE E INTERFLÚVIOS	Vertentes	Côncava		
		Convexa		
	Formas localizadas	Sulco		
		Ravina		
		Voçoroca		
	Feições morfométricas	Curva de nível		
		Ponto cotado		
Divisor de águas				
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial		
		Canal pluvial		
		Meandro abandonado		
	Acumulações fluviais	Planície fluvial		
		Terraço fluvial		
		Leque aluvial		
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	Fundo encaixado	
		Fundo plano		
MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Ativa		
		Inativa		
	Colina residual de atividade minerária	Suave		
		Abrupta		
	Patamares em cava de mineração	Suave		
		Abrupto		
	Ruptura topográfica antrópica	Suave		
		Abrupto		
	Terraços e/ ou curvas de nível agrícolas			
	Aterro para vias de circulação			
	Cavas de mineração abaixo do nível freático			
	Canal de drenagem fluvial retificado			
	Canal fluvial canalizado			
	Barramento artificial			
	Lagos artificiais			



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

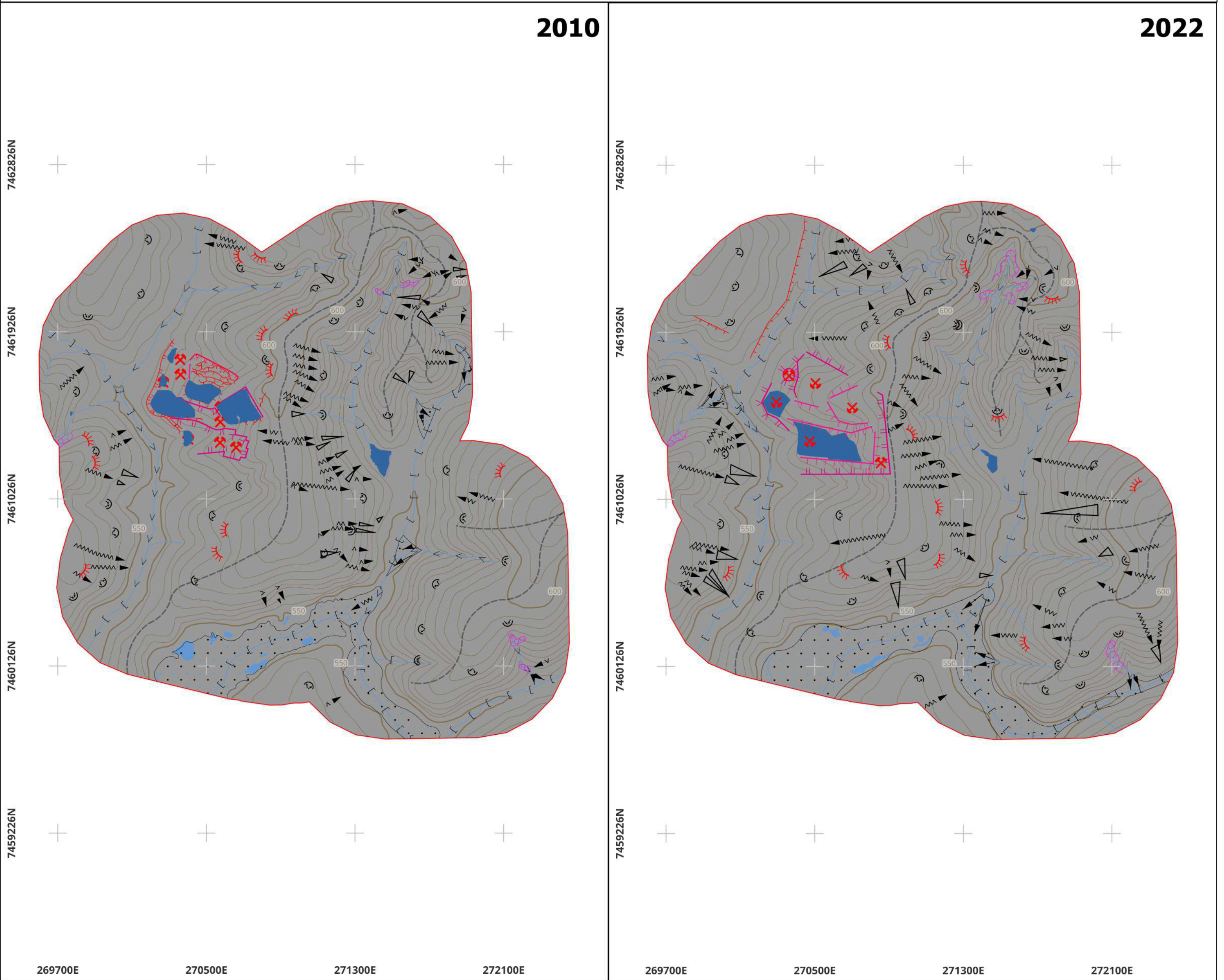
IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.



Cartas geomorfológicas do Trecho Córrego Água Comprida, município de Monte Mor (SP)



LEGENDA

DADOS LITOLÓGICOS	Era Cenozóica	Depósitos aluvionares		
	Era Paleozóica	Grupo Itararé		
FORMAS DE VERTENTE E INTERFLÚVIOS	Vertentes	Côncava		
		Convexa		
	Formas localizadas	Sulco		
		Ravina		
		Voçoroca		
	Feições morfométricas	Curva de nível		
		Ponto cotado		
Divisor de águas				
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal fluvial		
		Canal pluvial		
		Meandro abandonado		
	Acumulações fluviais	Planície fluvial		
		Terraço fluvial		
		Leque aluvial		
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	Fundo encaixado	
			Fundo plano	
MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Ativa		
		Inativa		
	Colina residual de atividade minerária	Suave		
		Abrupta		
	Patamares em cava de mineração	Suave		
		Abrupto		
	Ruptura topográfica antrópica	Suave		
		Abrupto		
	Terraços e/ ou curvas de nível agrícolas			
	Aterro para vias de circulação			
	Cavas de mineração abaixo do nível freático			
	Canal de drenagem fluvial retificado			
	Canal fluvial canalizado			
	Barramento artificial			
	Lagos artificiais			



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

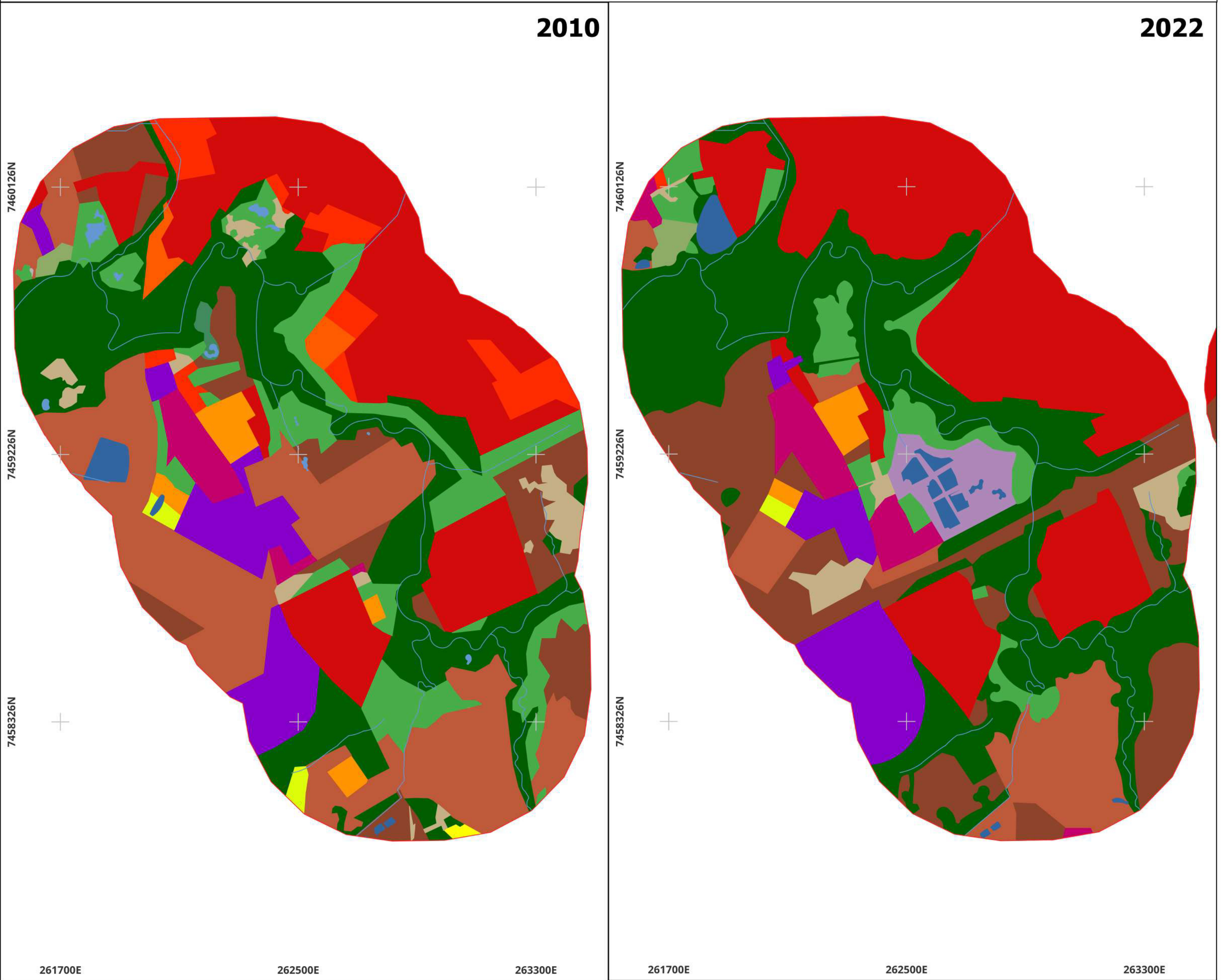
IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.

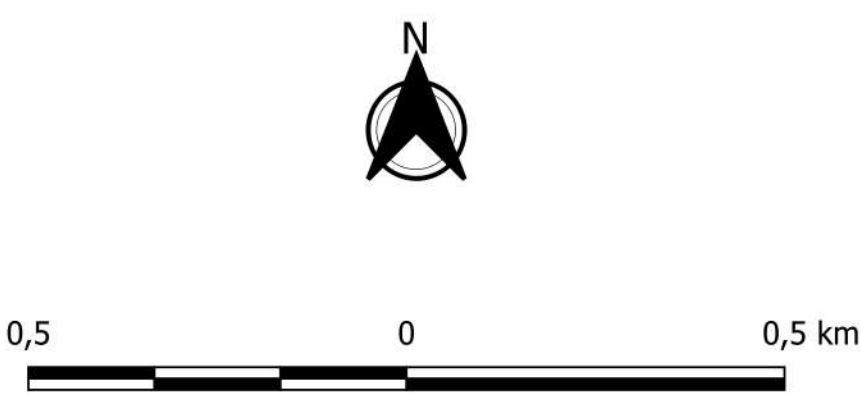


Cartas de Uso da Terra do Trecho Rio Capivari 1, município de Monte Mor (SP)



LEGENDA

- Área de alagamento sazonal
- Vegetação herbácea
- Matas ciliares e formações florestais de encosta
- Pasto sujo
- Pasto limpo
- Cultura anual
- Cana de acucar
- Habitação agrícola
- Área construída
- Área de esporte e recreação
- Chácara
- Indústria
- Área urbana sem edificação
- Área urbana parcialmente edificada
- Área urbana edificada
- Solo exposto
- Área de empréstimo
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Minas a céu aberto
- Lagos artificiais
- Lagos naturais
- Canal fluvial



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

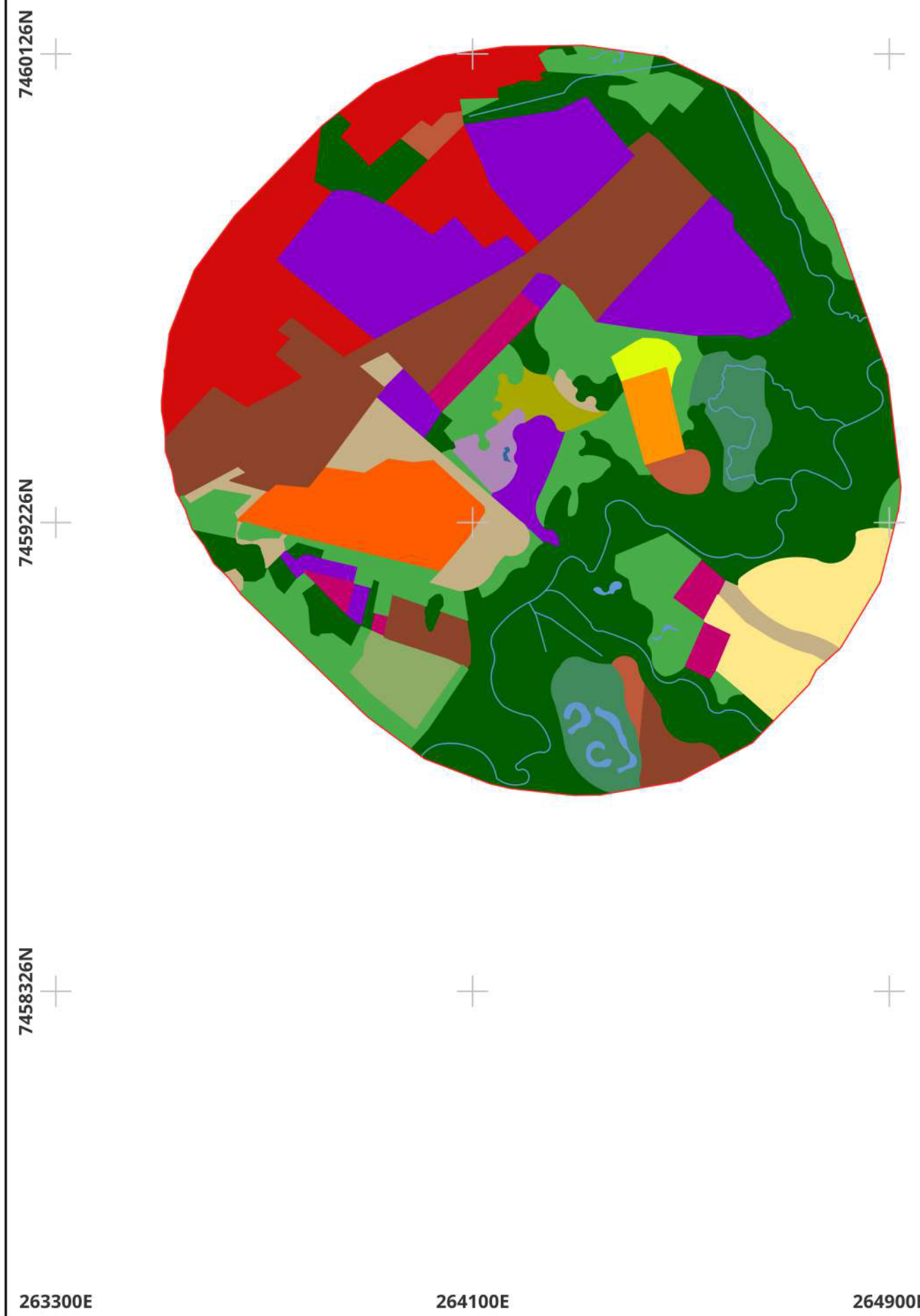
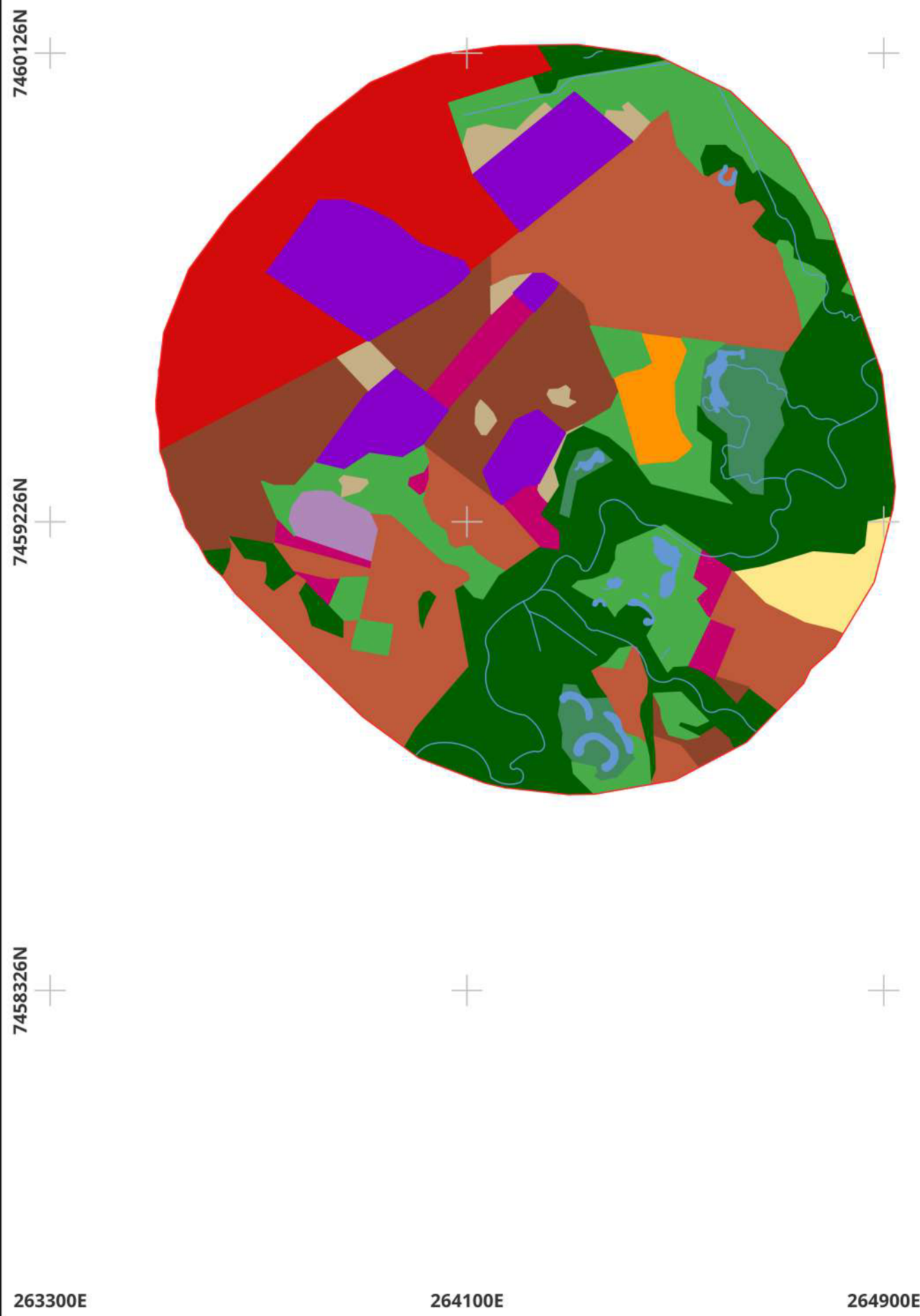
SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.

Cartas de Uso da Terra do Trecho Rio Capivari Mirim, município de Monte Mor (SP)

2010

2022



LEGENDA

- Área de alagamento sazonal
- Vegetação herbácea
- Matas ciliares e formações florestais de encosta
- Pasto sujo
- Pasto limpo
- Cultura anual
- Cana de acucar
- Habitação agrícola
- Área construída
- Área de esporte e recreação
- Chácara
- Indústria
- Área urbana sem edificação
- Área urbana parcialmente edificada
- Área urbana edificada
- Solo exposto
- Área de empréstimo
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Minas a céu aberto
- Lagos artificiais
- Lagos naturais
- Canal fluvial



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS
NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

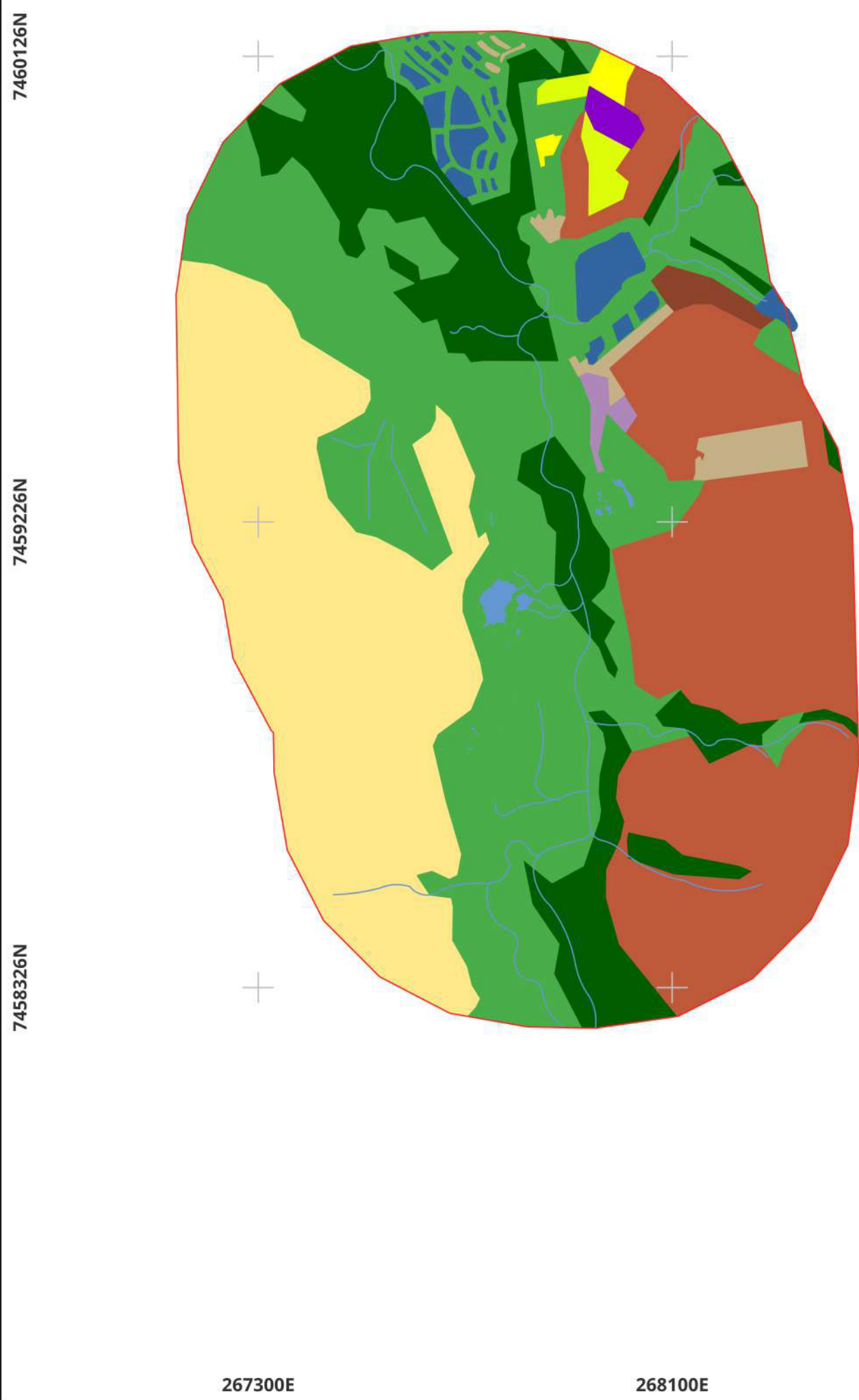
Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.



Cartas de Uso da Terra do Trecho Rio Capivari 2, município de Monte Mor (SP)

2010

2022



LEGENDA

- Área de alagamento sazonal
- Vegetação herbácea
- Matas ciliares e formações florestais de encosta
- Pasto sujo
- Pasto limpo
- Cultura anual
- Cana de acucar
- Habitação agrícola
- Área construída
- Área de esporte e recreação
- Chácara
- Indústria
- Área urbana sem edificação
- Área urbana parcialmente edificada
- Área urbana edificada
- Solo exposto
- Área de empréstimo
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Minas a céu aberto
- Lagos artificiais
- Lagos naturais
- Canal fluvial



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS
NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

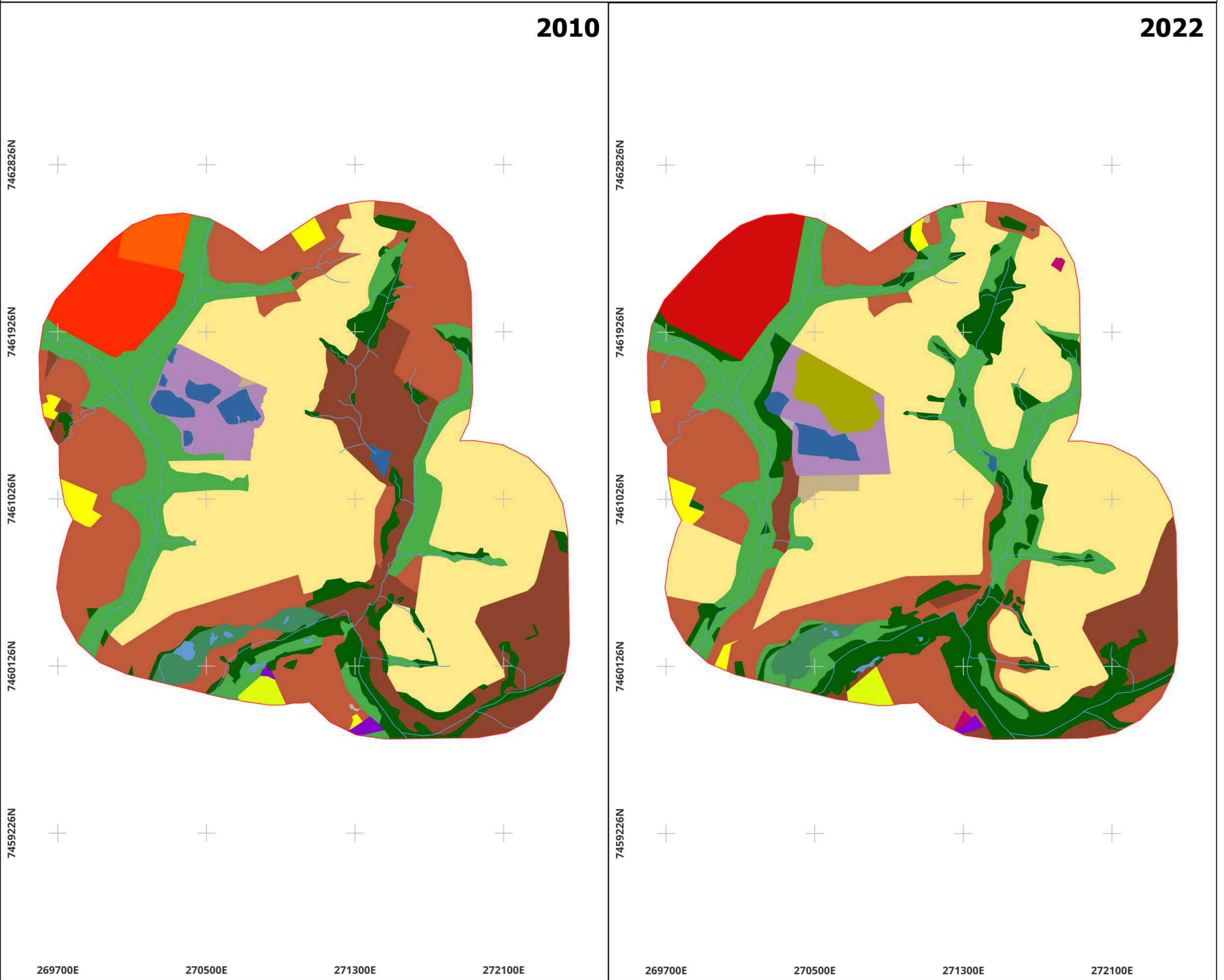
IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.



Cartas de Uso da Terra do Trecho Córrego Água Comprida, município de Monte Mor (SP)



LEGENDA

- Área de alagamento sazonal
- Vegetação herbácea
- Matas ciliares e formações florestais de encosta
- Pasto sujo
- Pasto limpo
- Cultura anual
- Cana de acucar
- Habitação agrícola
- Área construída
- Área de esporte e recreação
- Chácara
- Indústria
- Área urbana sem edificação
- Área urbana parcialmente edificada
- Área urbana edificada
- Solo exposto
- Área de empréstimo
- Cobertura herbácea em antigas áreas de mineração
- Minas a céu aberto
- Lagos artificiais
- Lagos naturais
- Canal fluvial



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
ANTROPOGÊNESE DO RELEVO ASSOCIADA À MINERAÇÃO: AS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO CAPIVARI (MONTE MOR/SP)

Elaboração: Rodrigo Agostinho Silva de Campos.
Orientação: Profª Drª Cenira Maria Lupinacci (Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/ IGCE/ UNESP)

IDE-SP (Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo). Ortofotomosaicos (2010/2011) - Resolução Espacial: 1 metro - Formato: Raster - Abrangência: Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Carta topográfica. São Paulo, 1979. Escala original 1:10.000. Equidistância de curva de nível: 5 metros.

Maxar Technologies. Imagens Orbitais. Aquisição através da plataforma Google Earth Pro, 2022. Resolução espacial: entre 0,35 e 1,38m.

