

## **MINERAÇÃO E ANTROPOGÊNESE DO RELEVO: ESTUDO SISTÊMICO EM AMBIENTES DA BACIA DO RIO CAPIVARI (SP)**

Rodrigo Agostinho Silva de Campos<sup>1</sup>

Cenira Maria Lupinacci<sup>2</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A exploração mineral é uma atividade humana significativa que contribui para a intensificação da extração de recursos e a consequente criação de perturbações nos sistemas físico-ambientais, especialmente nos elementos geomorfológicos (Marsh, 1864). Essa prática resulta na descaracterização das unidades geomorfológicas, como vertentes, topos e fundos de vales, desequilibrando os processos de denudação e sedimentação e promovendo mudanças nas dinâmicas hidrográficas (Paschoal, 2014).

Este fenômeno é apenas uma das dimensões da relação entre o homem e a superfície terrestre. A apropriação humana do relevo, especialmente após a Revolução Industrial, tem causado mudanças consideráveis na superfície terrestre, incluindo a alteração dos modelados.

Nir (1983) argumenta a necessidade de considerar o homem como um agente geomorfológico, destacando a capacidade humana de intervir significativamente nos sistemas geomorfológicos através de dimensões demográficas, históricas, econômicas e socioeconômicas. Neste sentido, a ação humana provoca perturbações nas dinâmicas naturais do ambiente, especialmente no relevo, alterando o equilíbrio dinâmico dos sistemas. Goudie (1994) e Vita-Finzi (1993) indicam que essas mudanças são resultado de processos antropogênicos diretos, como aterramento, escavação e interferência hidrológica, e indiretos, relacionados à aceleração da erosão, sedimentação, subsidências e escorregamentos.

Considerando estes princípios, o objetivo deste trabalho é identificar as feições e os modelados geomorfológicos diretamente associados à atividade minerária, além de

---

<sup>1</sup> Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), [rodrigo.agostinho@unesp.br](mailto:rodrigo.agostinho@unesp.br).

<sup>2</sup> Professora Titular, Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental, Universidade Estadual Paulista (UNESP), [cenira.lupinacci@unesp.br](mailto:cenira.lupinacci@unesp.br).

analisar de forma sistêmica o processo de antropogênese do relevo nas áreas estudadas. Busca-se também associar as alterações geomorfológicas identificadas às dinâmicas de uso da terra, representadas pelos diferentes padrões de ocupação humana, em ambientes de mineração de areia na Bacia do Rio Capivari, dentro dos limites do município de Monte Mor (SP).

## **METODOLOGIA**

Os procedimentos metodológicos adotados compreenderam o mapeamento geomorfológico e de uso da terra, ambos realizados para os anos de 2010 e 2022, em escala de detalhe (1:10.000) e em caráter evolutivo. Para a elaboração dos materiais cartográficos desta pesquisa, selecionou-se quatro áreas na bacia do Rio Capivari, totalizando 13.417.787 metros quadrados em Monte Mor (SP). Os materiais utilizados foram: a) ortofotos digitais da EMPLASA de 2010 e 2011, com resolução de 1 metro e escala de 1:25.000 (IDE-SP, 2023); b) imagens de satélite do Google Earth Pro® e da Maxar Technologies®, datadas de junho de 2022, com resolução entre 0,4 e 2 metros.

A classificação das imagens na confecção das cartas de uso da terra seguiu metodologias para interpretação precisa das informações, focando em classes de culturas agrícolas e ocupação urbana com edificações (IBGE, 2013; Ceron & Diniz, 1996; Silva, 2022).

Na cartografia geomorfológica, o processo de mapeamento seguiu a proposta de Tricart (1965). A simbologia foi adaptada para facilitar a leitura, baseada nas propostas de Verstappen e Zuidan (1975) e Paschoal (2014). Todas as análises e mapeamentos foram realizados em ambiente SIG (QGIS, v. 3.22).

Para uma análise tridimensional mais detalhada, aplicou-se a técnica de composição de anáglifo nas imagens da Maxar Technologies® (Miyazaki e Oliveira, 2020). As imagens foram georreferenciadas usando o software ArcGIS, garantindo precisão na identificação e análise das feições geomorfológicas e das classes de uso da terra. Houve uma adaptação na fase de composição do anáglifo no software StereoPhoto Maker PRO, optando-se por gerar um produto em escalas de cinza em vez da composição falsa-cor original.

A análise também contou com a operação de geoindicadores apropriados para as áreas estudadas, visando uma leitura quantitativa da interferência antrópica sobre os processos de modificação das paisagens (Rodrigues, 2010; Silva e Lupinacci, 2021).

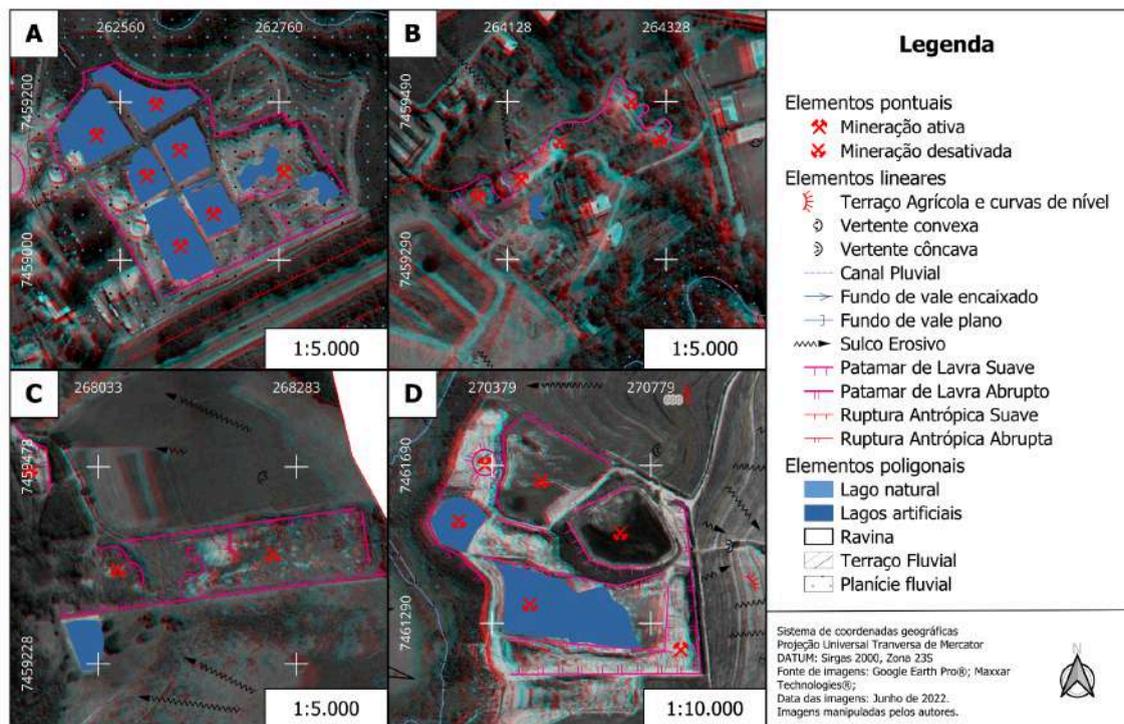
Para esta análise quantitativa, adotou-se os seguintes geoindicadores: feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas) e feições hidrográficas naturais e antropizadas (canais fluviais e pluviais, diversidade de fundo de vale e interferência antrópica) (Rodrigues, 2010).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos partiram dos levantamentos realizados nas etapas de mapeamento geomorfológico e de uso da terra. O mapeamento geomorfológico se baseou na identificação de feições e modelados, a fim de embasar o diagnóstico de cenários anteriores e posteriores à abertura de lavras de areia nas áreas estudadas. Já o mapeamento de uso da terra foi organizado para contemplar uma diversidade de padrões de ocupação urbana e agrícola, respeitando a proposta do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Os dados revelaram um avanço significativo das áreas submetidas à mineração de areia. A atividade minerária teve um incremento de 14% na área ocupada, principalmente devido à abertura de novas lavras, além do surgimento de cerca de 170.000 metros quadrados de áreas de antigas lavras cobertas por vegetação herbácea, indicando uma intensa dinamização de novos espaços dedicados à atividade. No mapeamento geomorfológico, identificaram-se cerca de 6 quilômetros de rupturas topográficas associadas aos patamares nas cavas de mineração, além de 84.301 metros quadrados de cavas de mineração abaixo do nível freático, dos quais 20% foram acrescidos entre 2010 e 2022 (Figura 01).

**Figura 01 - (A) Área de mineração de areia em planície fluvial, trecho Rio Capivari 1; (B) Área de mineração de areia em vertente, trecho Rio Capivari Mirim; (C) Área de mineração de areia em vertente e topo, trecho Rio Capivari 2; (D) Área de mineração de areia em vertente e topo, trecho Córrego Água Comprida.**



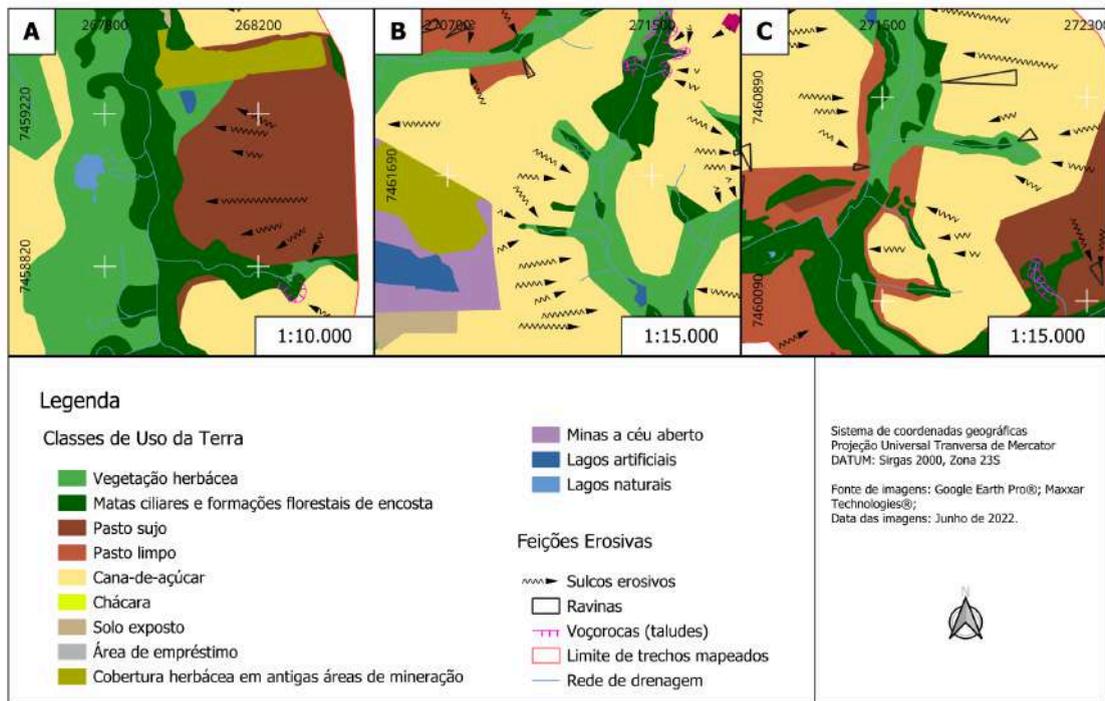
**Elaboração:** Os autores (2023).

Houve também um aumento significativo das áreas de empréstimo, utilizadas para retirada de solo visando o aterramento de áreas em expansão urbana. Esse processo foi evidenciado pela consolidação de loteamentos nas áreas dos quatro trechos mapeados. No mapeamento geomorfológico, tal processo é representado pela identificação de cortes em vertentes para a construção de estradas e loteamentos, bem como pela identificação de aterros. As rupturas topográficas associadas a este padrão de uso aumentaram 31% para os patamares antrópicos suaves e 62% para os abruptos.

Além dos modelados antrópicos, o mapeamento geomorfológico permitiu apreender mudanças nas dinâmicas do relevo a partir dos geoindicadores. Entre 2010 e 2022, observou-se um aumento generalizado nas feições de erosão linear. Os sulcos e ravinas tiveram um incremento de cerca de 26% em comprimento, além de um aumento de 50% na extensão de taludes de voçorocas, principalmente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, classe de uso da terra com aumento de área de cerca de 510 mil metros quadrados entre os cenários (Figura 02).

**Figura 02 - Setores mapeados com alta presença de erosão linear em diferentes áreas: (A) em encosta de pastagem no trecho Rio Capivari 2; (B) em área de cultivo de cana-de-açúcar na porção norte do trecho Córrego Água Comprida; (C)**

## em área de cultivo de cana-de-açúcar na porção sul do trecho Córrego Água Comprida.

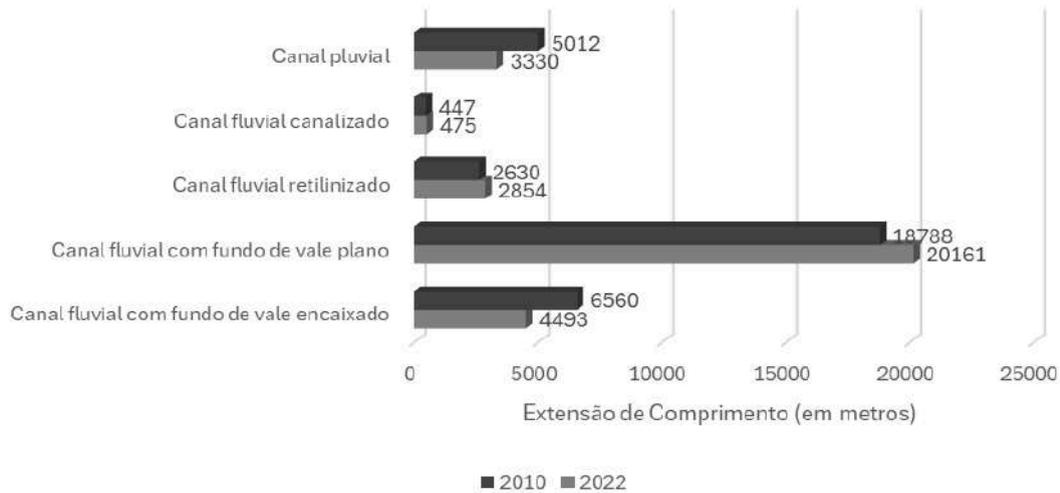


**Elaboração:** Os autores (2023).

Especificamente para as áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar, a influência antrópica resulta em alterações significativas na morfologia do relevo. Pinton e Cunha (2015) destacam que o cultivo de cana-de-açúcar envolve técnicas específicas para a manutenção e a garantia do cultivo, o que, ao longo do tempo, resulta em impactos sobre dinâmicas denudativas, levando à formação de feições erosivas lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas nos terrenos, e na alteração da dinâmica de fundo de vale e cursos d'água adjacentes, bem como na formação de leques aluviais e zonas de deposição de sedimentos.

Para as feições hidrográficas, o mapeamento revelou alterações consistentes nas dinâmicas dos cursos d'água, indicando um aumento significativo do acúmulo de sedimentos nos fundos de vale. Este processo é representado pela diminuição de 31% na extensão de cursos d'água com forma de fundo de vale em "V", indicando uma ação erosiva das águas correntes. Também foi constatada a alteração antrópica direta em alguns trechos da rede fluvial, representada pelo aumento em 8% e 6% na extensão de cursos canalizados ou retinizados (Figura 3).

**Figura 03 - Gráfico de feições hidrográficas lineares naturais e antropizadas para todas as áreas mapeadas entre 2010 e 2022.**



**Elaboração:** Os autores (2023).

Como resultado da antropização dos terrenos e da alteração da dinâmica fluvial, observou-se uma redução de cerca de 2 quilômetros na extensão de cursos d'água pluviais, bem como uma redução na extensão de áreas de lagos naturais e artificiais, associando-se à antropogênese de feições no sistema geomorfológico do ambiente estudado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade minerária tem impacto significativo nas dinâmicas geomorfológicas e de uso da terra, com um aumento expressivo das áreas de mineração de areia, resultando em alterações morfológicas e ambientais. A expansão das lavras causou rupturas no relevo e cavas abaixo do nível freático, descaracterizando unidades geomorfológicas. Além disso, empréstimos e aterramentos urbanos contribuíram para mudanças nas vertentes e fundos de vale, mostrando a interdependência entre desenvolvimento urbano e mineração. A intensificação da agricultura, especialmente do cultivo de cana-de-açúcar, acelerou processos erosivos, afetando a estabilidade do relevo e a qualidade dos cursos d'água. Mudanças hidrográficas, como a diminuição de cursos d'água com fundo em 'V' e aumento de trechos sob dinâmica de fundo de vale plano, indicam alterações nos regimes deposicionais. Apesar das limitações, como a falta de dados históricos detalhados, a metodologia utilizada mostrou-se eficaz na

identificação das transformações causadas pela mineração e atividades humanas. Destaca-se a importância de uma gestão integrada e sustentável dos recursos minerais e agrícolas, implementando práticas para mitigar impactos ambientais e recuperar áreas degradadas. Este estudo contribui para compreender as interações entre mineração, ocupação do solo e dinâmicas geomorfológicas, subsidiando políticas de gestão territorial e ambiental.

**Palavras-chave:** Geomorfologia antropogênica; Mineração; morfologias antropogênicas.

## REFERÊNCIAS

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

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.

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

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

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment.** 4. ed. Cambridge: The MIT Press, 1994.

VITA-FINZI, C. Physiographic effects of man. IN: **The New Encyclopaedia Britannica.** v.20, 15.ed. p. 22-26. Chicago: Macropaedia, 1993.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general systems theory.** U. S. Geologic Survey Prof. Papel, 500-B, 10pp, 1962.

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.

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

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.

SILVA, I. M. **Expansão urbana e alterações geomorfológicas na bacia hidrográfica do Pompéia (Piracicaba - SP).** Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Rio Claro, p. 65. 2022.

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

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

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.

SILVA, M. M.; LUPINACCI, C. M. Análise das alterações antropogeomorfológicas na Bacia do Rio Cabeça (SP) a partir do uso de geoindicadores. **Geografias**, v. 29, p. 1-22, 2021.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, p. 111-125, 2010.

PINTON, L. G.; CUNHA, C. M. L. O uso de geoindicadores em paisagem rural: subsídios à análise das mudanças morfológicas antropogênicas da Bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 1-19, 2015.