



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Disciplina: Análise Espacial de Dados Geográficos

Docente: Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro

Discente: João Victor Pereira Sabino

1. Proposta de Trabalho

Nas últimas décadas, a expansão agropecuária e urbana, a mineração, e o avanço de diferentes tipos de infraestruturas intensificaram a transformação das paisagens brasileiras, pressionando de forma particular cada um dos biomas do país e seus ecossistemas associados (INPE, 2025a; INPE, 2025b; ASSIS et al., 2019; MAPBIOMAS, 2024; IBGE, 2022; SONTER et al., 2017; VIEIRA et al., 2019, AMARAL et al, 2025). Entre os ecossistemas mais sensíveis a essas mudanças estão as cavernas e seus sistemas epígeos de suporte (MAMMOLA et al., 2019; CULVER; PIPAN, 2019; NANNI et al., 2023).

Ecossistemas subterrâneos possuem ampla distribuição na Terra e prestam serviços ecossistêmicos essenciais, apesar de seguirem historicamente sub-representados nas agendas de conservação (MAMMOLA et al., 2022, SÁNCHEZ-FERNANDEZ et al., 2021). Entretanto, estudos recentes indicam que há uma contribuição significativa dos ambientes subterrâneos na constituição de diversos serviços ecossistêmicos como a provisão e regulação da água, a regulação climática e do ciclo do carbono, a manutenção da biodiversidade, além da construção de valores culturais e científicos (MAMMOLA et al., 2025). Mesmo com essa notável relevância, ainda são poucos os trabalhos que combinam técnicas de análise espacial de dados geográficos ao tratamento de informações que podem revelar vetores de pressões antrópicas em áreas de influência de cavernas.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar a ocorrência de padrões espaciais de pressões antrópicas no entorno das cavidades naturais subterrâneas identificadas em território brasileiro. Busca-se compreender como indicadores de impacto antrópico se articulam espacialmente com os ecossistemas subterrâneos e suas áreas de influência epígea, de modo a evidenciar os fatores que condicionam a exposição dessas cavidades a diferentes vetores de impactos irreversíveis. A visualização, exploração e modelagem desses padrões espaciais possibilitarão elucidar processos de vulnerabilização das paisagens cársticas, fornecendo subsídios técnicos e científicos para o aprimoramento de estratégias de conservação e de instrumentos de gestão territorial voltados à proteção do patrimônio espeleológico.

2. Referências Bibliográficas

AMARAL, S.; METZGER, J. P.; ROSA, M.; ADORNO, B. V.; GONÇALVES, G. C.; PINTO, L. F. G. Alarming patterns of mature forest loss in the Brazilian Atlantic Forest. *Nature Sustainability*, v. 8, n. 3, p. 256–264, mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01508-w>.

ASSIS, L. F. F. G.; FERREIRA, K. R.; VINHAS, L.; MAURANO, L.; ALMEIDA, C.; CARVALHO, A.; RODRIGUES, J.; MACIEL, A.; CAMARGO, C. TerraBrasilis: a spatial data analytics infrastructure for large-scale thematic mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 11, p. 513, 2019.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2019.

IBGE. *Contas econômicas ambientais da terra: contabilidade física: Brasil: 2000/2020*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. (Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica, n. 88). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/34822-contas-economicas-ambientais-da-terra.html>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Coordenação-Geral de Ciências da Terra. Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros. *DETER – Monitoramento diário da supressão e degradação da vegetação nativa: alertas – Amazônia, Cerrado e Pantanal*. São José dos Campos: INPE, [s.d.]. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Coordenação-Geral de Ciências da Terra. Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros. *PRODES – Monitoramento anual da supressão da vegetação nativa – Amazônia, Cerrado, Pantanal, Caatinga, Mata Atlântica e Pampa*. São José dos Campos: INPE, [s.d.]. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>.

MAMMOLA, S.; CARDOSO, P.; CULVER, D. C.; DEHARVENG, L.; FERREIRA, R. L.; FIŠER, C.; GALASSI, D. M. P.; GRIEBLER, C.; HALSE, S.; HUMPHREYS, W. F.; ISAIA, M.; MALARD, F.; MARTINEZ, A.; MOLDOVAN, O. T.; NIEMILLER, M. L.; PAVLEK, M.; REBOLEIRA, A. S. P. S.; SOUZA-SILVA, M.; TEELING, E. C.; WYNNE, J. J.; ZAGMAJSTER, M. Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. *BioScience*, v. 69, n. 8, p. 641–650, 2019.

MAMMOLA, S.; CARDOSO, P.; CULVER, D. C.; DEHARVENG, L.; FERREIRA, R. L.; FIŠER, C.; GALASSI, D. M. P.; GRIEBLER, C.; HÜPPOP, K.; ISSARTEL, J.; MALARD, F.; MARTÍN-PIERA, F.; MEYER, S. A.; NORTHUP, D. E.; PASCUAL, M. F.; PIPAN, T.; RESENDE, L. P.; ROULAND-LEFEVRE, C.; SKET, B.; WYNNE, J. J. Towards evidence-based conservation of subterranean ecosystems. *Biological Reviews*, v. 97, n. 4, p. 1476–1510, 2022.

MAMMOLA, S.; CARDOSO, P.; CULVER, D. C.; DEHARVENG, L.; FERREIRA, R. L.; FIŠER, C.; GALASSI, D. M. P.; GRIEBLER, C.; HÜPPOP, K.; NORTHUP, D. E.;

PASCUAL, M. F.; PIPAN, T.; WYNNE, J. J. Subterranean environments contribute to three-quarters of classified ecosystem services. *ecoEvoRxiv*, preprint, 2025.

MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomass – Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil (1985–2023): síntese nacional*. São Paulo: MapBiomass, 2024. Disponível em: <https://mapbiomas.org>

NANNI, V.; PIANO, E.; CARDOSO, P.; ISAIA, M.; MAMMOLA, S. An expert-based global assessment of threats and conservation measures for subterranean ecosystems. *Biological Conservation*, v. 283, 110136, 2023.

SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D.; GALASSI, D. M. P.; WYNNE, J. J.; CARDOSO, P.; MAMMOLA, S. Don't forget subterranean ecosystems in climate change agendas. *Nature Climate Change*, v. 11, p. 458–459, 2021.

SONTER, L. J.; BARRETO, P.; SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, v. 8, art. 1013, 2017.

VIEIRA, R. L. A.; COSTA, C. M.; SOUZA, H. R.; CERQUEIRA, L. S. O impacto das rodovias sobre a biodiversidade de fauna silvestre no Brasil. *Natureza on line*, v. 17, n. 2, p. 63–75, 2019.