



# **PROPOSTA METODOLÓGICA PARA MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM RELEVO ONDULADO POR MEIO DA LÓGICA FUZZY E DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

Jorge Batista de Souza <sup>1</sup>  
Luiz Eduardo Panisset Travassos <sup>2</sup>  
Bruno Durão Rodrigues <sup>3</sup>

## **RESUMO**

Este estudo propõe uma metodologia para o mapeamento da fragilidade ambiental em relevos ondulados, combinando a Lógica Fuzzy e o Método Analytic Hierarchy Process (AHP) com variáveis morfométricas e ambientais tradicionais. O principal objetivo foi explorar novas possibilidades nas metodologias consagradas, integrando parâmetros morfométricos (forma do terreno, dissecação fluvial e fator topográfico) de modo a enriquecer a análise da fragilidade ambiental. A pesquisa foi desenvolvida nos municípios de Nova Lima e Itabirito, MG, localizados no Quadrilátero Ferrífero, uma região de geologia complexa, com formações arqueanas e proterozóicas, relevo acidentado e intensa atividade mineradora, fatores que amplificam os desafios ambientais, como erosão, movimentos de massa e degradação do solo. O referencial teórico- metodológico baseou-se nas Unidades Ecodinâmicas integrando dados georreferenciados de geologia, solo, declividade, cobertura vegetal, uso do solo e pluviosidade. Para capturar as variáveis morfométricas, utilizaram-se modelos digitais de elevação (Copernicus DEM, com resolução de 30 metros), enquanto a cobertura vegetal e o uso do solo foram obtidos por classificação supervisionada de imagens Sentinel 2 (10 metros de resolução). As variáveis ambientais foram processadas por técnicas de análise espacial e transformadas em probabilidades fuzzy, permitindo lidar com incertezas e ambiguidades inerentes aos sistemas naturais. A ponderação das variáveis foi realizada por meio do AHP, que possibilitou a integração sistemática de múltiplos critérios, ajustando sua influência no modelo final. A aplicação do operador fuzzy gama (com valores de 0,35 a 1,0) permitiu a geração de cenários de fragilidade ambiental com diferentes graus de pertinência, destacando-se o cenário com gama 0,9 como o mais preciso. A validação do modelo foi realizada utilizando o índice Kappa, que demonstrou uma concordância substancial ( $Kappa = 0,92$ ) entre os mapas produzidos e as

---

<sup>1</sup> Doutor pelo Curso de Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMinas, [jorgebsouza@yahoo.com.br](mailto:jorgebsouza@yahoo.com.br);

<sup>2</sup> Doutor pelo Curso de Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMinas, [luizepanisset@gmail.com](mailto:luizepanisset@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutor pelo Curso de Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMinas, [profbrunodurao@gmail.com](mailto:profbrunodurao@gmail.com);



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

observações de campo, confirmando a eficácia da metodologia. Os resultados revelaram que as áreas classificadas como altamente frágeis coincidiram com locais historicamente afetados por erosão acentuada e movimentos de massa, validando a capacidade preditiva do modelo. Além disso, a inclusão de variáveis morfométricas permitiu identificar gradientes sutis de fragilidade, muitas vezes negligenciados em abordagens tradicionais, proporcionando uma representação mais fiel da dinâmica ambiental. A pesquisa destacou a importância da integração de métodos como a Lógica Fuzzy e o AHP, para o mapeamento da fragilidade ambiental, especialmente em regiões sob forte pressão antrópica. A metodologia desenvolvida mostrou-se adaptável a outras áreas com características geomorfológicas semelhantes, oferecendo uma ferramenta para o planejamento territorial e a gestão sustentável de recursos naturais. Os resultados reforçam a necessidade de abordagens multidisciplinares e inovadoras para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, contribuindo para a mitigação de riscos e a preservação de ecossistemas vulneráveis.

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental; Inferência Fuzzy, AHP, Sistema de Informação Geográfica, Modelagem.

