

## COMPUTAÇÃO INTELIGENTE E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA ANÁLISE ESPACIAL: ESTUDO DA VULNERABILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA-SP ATRAVÉS DA LÓGICA NEBULOSA

M.A.S. da SILVA<sup>1</sup>; J.S. de MEDEIROS<sup>2</sup>; A.M.V. MONTEIRO<sup>2</sup>; E. CREPANI<sup>3</sup>

**RESUMO:** O crescente avanço das tecnologias dos Sistemas de Informação Geográficas (SIGs), das técnicas de processamento computacional, bem como o volume crescente de dados espaciais disponíveis e a demanda por sistemas automáticos de auxílio à tomada de decisão vêm motivando o uso dos SIGs e das tecnologias de Computação Inteligente na análise espacial. Dentro deste contexto este trabalho testar a aplicabilidade da lógica nebulosa no estudo da vulnerabilidade aos movimentos de massa no município de Caraguatatuba em São Paulo, Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise espacial, lógica nebulosa, Sistemas de Informação Geográficas.

## INTELLIGENT COMPUTING AND GIS FOR SPATIAL ANALYSIS: STUDY OF THE MASS MOVEMENTS VULNERABILITY ON CARAGUATATUBA TOWN IN SÃO PAULO USING FUZZY LOGIC

**ABSTRACT:** The development of the geographic information systems (GIS), processing computational technics, as well as the increasing spatial data grown and a demand for automatic systems for decision support has motivated the use of GIS technology and Intelligent Computing as spatial analysis tools. This work will test the applicability of the fuzzy logic in the study of the mass vulnerability movements in Caraguatatuba towns, in São Paulo, Brazil.

**KEYWORDS:** Spatial analysis, Fuzzy logic, Geographic Information System.

**INTRODUÇÃO:** Como exposto por CREPANI et al. (2000), temos que no município de Caraguatatuba, assim como em outras áreas serranas intensamente ocupadas, ocorrem simultaneamente dois processos: um deles natural, como consequência do fenômeno geológico da Denudação, que se traduz na forma de movimentos do regolito ou *movimentos de massa*; e o outro pelo processo de ocupação humana. Em função de estarmos tratando de valoração de variáveis através de conceitos lingüísticos, é extremamente plausível que se faça a computação dos dados considerando

---

<sup>1</sup> Mestrando em Computação e Matemática Aplicada, Divisão de Processamento de Imagens, INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. Técnico de Nível Superior, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. E-mail: aurelio@dpi.inpe.br.

<sup>2</sup> Pesquisador INPE, Divisão de Processamento de Imagens.

<sup>3</sup> Pesquisador INPE, Laboratório de Integração de Tratamento de Imagens Digitais.

esta incerteza e ambigüidade inerente ao processo de classificação temática. Segundo OPENSHAW et al. (1997), a lógica nebulosa pode ser aplicada quando o raciocínio, percepção e decisão humanos estão complexamente envolvidos. Outros trabalhos vêm unindo a lógica nebulosa aos SIGs para a construção de sistemas flexíveis e “inteligentes”, como em METTERNICHT (2001), BENEDIKT et al. (2002) e AHAMED et al. (2000). Segundo MEIRELLES (1997), na teoria clássica de conjuntos, uma função de pertinência é definida como verdadeiro ou falso: 1 ou 0. No entanto, a função de pertinência de um conjunto nebuloso é expressa numa escala contínua de 1 (pertinência total) a 0 (não pertinência). Em decorrência disso, classes individuais de mapas podem ser avaliadas de acordo com sua pertinência no conjunto, baseada no julgamento subjetivo. Uma função de pertinência sempre está relacionada a uma certa proposição, que neste caso é: vulnerável ao movimento de massa. OPENSHAW et al. (1997) reporta que há a necessidade de considerar a reengenharia de modelos existentes através da Computação Inteligente, a fim de explorar a não-linearidade, adaptabilidade, incerteza etc. desses modelos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho será investigar o uso da lógica nebulosa no estudo da vulnerabilidade aos movimentos de massa no município de Caraguatatuba-SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento será conduzido usando os dados desenvolvidos por CREPANI et al. (2001). As Figuras 1-8 ilustram os planos de informação (PIs) criados por CREPANI et al. (2000) através do software SPRING. O autor tomou como base uma imagem do sensor SOPT/HRV, adquirida em 16 de maio de 1999 (Figura 1). A metodologia para construção das funções e relações de pertinência nebulosas seguiu a proposta de MEIRELLES (1997). O autor usou operadores de lógica nebulosa para classificação temática, em detrimento ao modelo convencional por médias ponderadas com peso, para diminuir a propagação do erro. A implementação dos operadores lógicos foi feita através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), implementada no software SPRING. Dada a forma de um conjunto nebuloso  $A = \int_x \mathbf{m}(x) / x$ , onde  $x$

representará nossa variável lingüística e  $\mathbf{m}(x)$  seu valor de pertinência, teremos como variáveis lingüísticas os valores das classes para os PIs de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso do solo e índice de vulnerabilidade de movimento de massa. Será usado o operador *gamma*,  $\mathbf{m}_g = (\prod \mathbf{m}_i)^g * (1 - \prod (1 - \mathbf{m}_i))^{1-g}$ , para fazer a combinação dos PIs.



Figura 1. Limites do município de Caraguatatuba sobre imagem Spot.

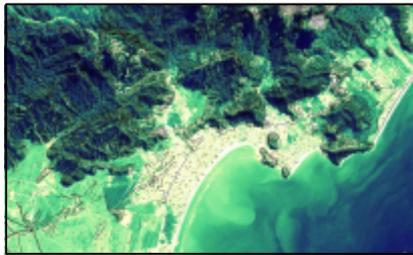


Figura 2. Mapa Altimétrico.

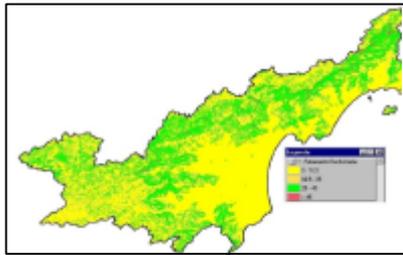


Figura 3. Fatiamento de declividade.

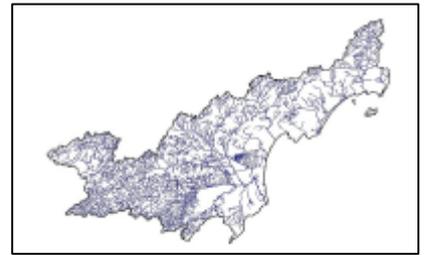


Figura 4. Mapa de Drenagem.

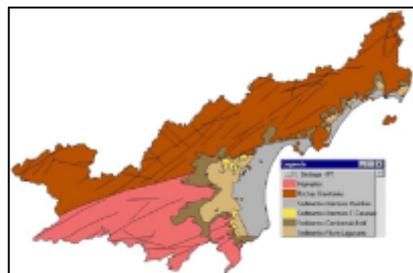


Figura 5. Mapa Geológico.

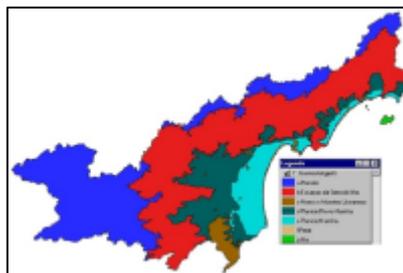


Figura 6. Mapa Geomorfológico.

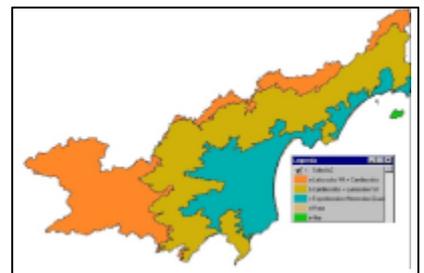


Figura 7. Mapa de Solos.

