

Modelagem Geomorfológica e Lógica Fuzzy: maior inferência e acurácia na previsão de eventos catastróficos

Costa, R. (UFRJ) ; Silva, T. (UFRJ)

RESUMO

Modelar a superfície terrestre é um dos principais objetivos da geomorfologia. Hoje, a lógica fuzzy tem proporcionado, de forma diferenciada, o mapeamento de áreas de transição nos mapas morfológicos. Assim, aliar o estudo como mapeamento geomorfológico e lógica Fuzzy se tornou o principal desafio para o desenvolvimento do trabalho, objetivando a aumentar a compreensão de como os mapeamentos geomorfológicos podem ser refinados e indiretamente auxiliar na prevenção de eventos catastróficos.

PALAVRAS CHAVES

Geomorfologia; Mapeamento; Lógica Fuzzy

ABSTRACT

Modeling the Earth's surface is a major goal of geomorphology. Today, fuzzy logic has provided, in different ways, the mapping of areas of transition in morphological maps. Thus, combining the study as geomorphological mapping and fuzzy logic has become the main challenge for the development of work aiming to increase understanding of how the geomorphological mapping can be refined and indirectly assist in the prevention of catastrophic events.

KEYWORDS

Geomorphological; Maps; Fuzzy Logic

INTRODUÇÃO

Na atual sociedade tecnológica, a preocupação com os eventos catastróficos tem aumentado substancialmente e vários ramos da sociedade acadêmica têm se organizado para desenvolver pesquisas que apoiem uma tomada de decisão mais assertiva. Os avanços tecnológicos tornaram possível o uso de inúmeras ferramentas para auxiliar na avaliação de riscos e prognósticos de eventos catastróficos, como movimentos de massa e enchentes. Assim, aspectos geomorfológicos e climáticos são fatores preponderantes para ocorrência destes processos e, em países como o Brasil, é comum o desencadeamento de desastres desta natureza (FERNANDES e AMARAL, 1996). A geomorfologia é peça fundamental na compreensão da dinâmica natural e na avaliação das alterações promovidas pela ocupação. Mapas geomorfológicos de detalhe representam a possibilidade de mostrar formas de relevo mais próximas à percepção visual humana. Logo, a modelagem geomorfológica vem se tornando um importante subsídio à análise de previsão de áreas susceptíveis a catástrofes naturais, e precisa ser cada vez mais ser aprimorada. Um fator que deve ser levado em consideração é a forma booleana em que as morfologias são mapeadas, uma vez que, o modo de representação do objeto é um fator fundamental para análise do problema. Por este motivo, desenvolver formas de representação mais próximas da realidade é uma questão a ser pensada, estudada e desenvolvida. Hoje um recurso que vem auxiliando as técnicas de mapeamento é a lógica fuzzy. Esta lógica faz configurações em cima da suposição de que tudo consiste em graus de verdade até que um limiar seja atingido, ao contrário da lógica tradicional, que categoriza a informação em padrões binários (ZADEH, 1978). Assim, O presente trabalho tem por objetivo demonstrar a importância da utilização lógica fuzzy no desenvolvimento de propostas metodológicas de modelagem geomorfológica, os quais servirão de base à previsão de eventos catastróficos.

MATERIAL E MÉTODOS

A linguagem é um instrumento de comunicação complexo e subjetivo. O seu emprego e a sua interpretação podem gerar inúmeros sentidos e significados. Um mapa mal idealizado e/ou

interpretado também pode gerar vários significados acerca dos dados representados (SHAW & SIMÕES, 1999). Analisando a forma em que a lógica clássica trabalha com as informações imprecisas, conclui-se que a mesma ainda possui uma fragilidade muito grande ao lidar com as áreas de transição entre classes distintas, por utilizar valores como sim ou não. Mapas contendo informações a princípio vagas ainda continuam sendo representados de forma booleana, transformando e, algumas vezes, deturpando as informações originais. Embora os mapas gerados através desta metodologia ainda sejam os mais utilizados, como no caso dos mapeamentos geomorfológicos, consideramos que esta representação não seria a melhor solução. Xavier da Silva (2001) referindo-se aos componentes naturais comenta que "... limites entre superfícies contínuas não ocorrem bruscamente na grande maioria das vezes". Na diferenciação entre relevo suave e íngreme há uma gradual passagem de uma característica para a outra que atualmente são representadas por linhas de quebra, criando-se áreas ambíguas. Assim, para realizar estudos sobre como representar estas faixas de transição passou a se utilizar do auxílio da Lógica Fuzzy, pois trabalha com as limitações, lidando com problemas da transição de uma classe à outra, que não correspondem a uma mudança brusca e nem determinística (BURROUGH apud ALMEIDA FILHO, 2004). ZADEH (1978) propôs uma lógica que considerasse uma função de quanto um determinado elemento pertence a um ou a outro conjunto, e para executar este processo foram criadas as etapas de Fuzificação (mapeamento do domínio de números reais no domínio fuzzy) e Desfuzificação (processo de produzir um resultado quantificado na lógica fuzzy), que ao final são considerados como os principais elementos da Lógica Fuzzy (SHAW e SIMÕES, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Geociências baseiam-se em estudos de modelagens, que na maioria das vezes, requerem diversas informações, tais como: clima, geologia, geomorfologia, hidrologia, entre outros. O homem e o meio se interconectam de forma complexa e constante; assim é necessário que se use uma abordagem metodológica que privilegie uma visão holística e sistêmica (HAIMES, 1992). Nenhum mapa pode representar perfeitamente a realidade, pois é um modelo, uma abstração da realidade (BOARD, 1975). Desde o começo da ciência moderna até o fim do século XX mapear incertezas era geralmente indesejável. Esta atitude foi gradativamente mudada com o surgimento dos mecanismos estatísticos, que passaram a aplicar a teoria das probabilidades, porém, esta teoria não foi capaz de tratar a incerteza em todas as suas manifestações (KLIR, 1997). Um dos grandes desafios associados ao desenvolvimento desses modelos matemáticos determinísticos, desenvolvidos sobre bases físicas, é a dificuldade de incorporar em suas equações os efeitos de fatores geológicos, geomorfológicos e climatológicos, os quais podem assumir grande importância, determinando muitas vezes a localização de um evento no campo. Acredita-se que uma forma de incorporar tais efeitos a modelagem, e como consequência melhorar a eficiência, é a combinação de modelos determinísticos com técnicas associadas à Geoestatística e à Lógica Nebulosa. Assim, espera-se obter avanços metodológicos nos procedimentos utilizados na definição de áreas de risco, hoje ainda muito subjetivos. Na modelagem geomorfológica, os avanços vêm combinando modelos determinísticos já testados, como por ex. o modelo de compartimentação geomorfológica desenvolvido por SILVA (2002) para o estado do Rio de Janeiro, com técnicas baseadas na Lógica Fuzzy. Acredita-se aqui que tal combinação permita uma melhoria na eficiência desses modelos morfológicos e que estes proponham uma maior solidez ao serem utilizados para prever a localização espacial das áreas mais críticas à ocorrência de fenômenos catastróficos naturais. Em especial em áreas de elevada complexidade geológica e geomorfológica como as encostas da escarpa da Serra do Mar. Os mapas confeccionados, devido à sua elevada resolução espacial e à modelagem em bases físicas, permitem caracterizar e apresentar áreas de transição morfológicas com maior definição, diminuindo a subjetividade tipicamente associada às metodologias de análise hoje empregadas nesse tipo de estudo. As variáveis fuzzy ou variáveis linguísticas, assim denominadas por não terem valores precisos, podem ser definidas representando um espectro de valores, que neste caso são representadas pelas cores no mapeamento. Desta forma, as cores associadas às morfologias puderam ser consideradas como as variáveis nebulosas do sistema. O desenvolvimento de uma legenda com valores discretos é algo que ainda deverá ser demasiadamente discutido, uma vez que, esta etapa contempla a fase de desfuzificação que consiste na conversão do valor fuzzy em um número real e que melhor represente os valores fuzzy

inferidos da variável linguística de saída, ou seja, tentar determinar um valor discreto para cada cor ou classe de cores. Esta interpretação é feita a partir da inferência da representação do degrade de cores nas áreas de transição, verificando-se visualmente o quanto é possível do elemento 'x' pertencer ao conjunto 'A' ou ao conjunto 'B', apresentando assim diversos graus de possibilidades. Espera-se, com isso, contribuir com um plano de informação básico e essencial para o avanço de procedimentos metodológicos hoje utilizados na detecção, prognóstico e prevenção de acidentes naturais, subsidiando a definição de áreas de maior instabilidade das encostas. Isso permitirá que vidas sejam poupadas, e que haja uma redução dos custos de manutenção e uma diminuição dos acidentes devido a eventos extraordinários, como movimentos de massa, e dos impactos ambientais associados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mapas são considerados veículos no processo de comunicação cartográfica e para cumprir sua finalidade, devem ser expressivos, legíveis e ter simbologias que facilitem a assimilação da informação. A Lógica Fuzzy é um modo de aproximação precisa da incerteza que cresce fora da complexidade do comportamento humano. Em analogia a lógica clássica, que tenta categorizar a informação em padrões binários, a Lógica Fuzzy faz configurações em cima da suposição que tudo consiste em graus, servindo de base para o desenvolvimento de pesquisas que tentam traduzir situações que envolvem imprecisões, como as áreas espaciais com processos geológico-geomorfológicos que não ocorrem de forma sempre linear na superfície. De uma forma geral, percebe-se que esta metodologia de estudo ainda está sendo pouco explorada no que tange a modelagem geomorfológica, e que a demonstração de como diferentes métodos geram distintos resultados ou se adequam melhor a determinadas áreas precisam continuar sendo estimuladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA-FILHO, R. Técnicas de Inferência Geográfica. In: Gilberto Câmara Neto; C. Davis; Antônio M. V. Monteiro. (Org.). Introdução à Ciência da Informação. , 2001, v. 1, p. 1-48.

BOARD, C. Os mapas como modelos. In: Modelos físicos e de informação em Geografia. 1. ed. Rio de Janeiro, Editora USP e Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975. p. 139-184.

BURROUGH, P.A.. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. In: Journal of Soil Science. 477-492p. 1989.

FERNANDES, N. F., AMARAL, C. P. (1996). Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Eds.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand.

HAIMES, Y.Y. (1992). Sustainable development: a holistic approach to natural resource management, Center for Risk Manage., Virginia Univ., Charlottesville, VA; Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, Volume: 22, Issue: 3, p. 413-417

KLIR, G. J., CLAIR, U. H. S. & Yuan, B. Fuzzy Set Theory, foundations and applications. Editora Prentice Hall. USA, 1997

SILVA, T.M. 2002. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 265p

SHAW I.S. & SIMÕES M.G. (1999). Controle e Modelagem Fuzzy. Editora Edgard Blucher. São Paulo.

XAVIER DA SILVA, J. (2001) Geomorfologia e Geoprocessamento. In: Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos. Orgs. Guerra, A. J. T. e Cunha, S.B. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 4a edição, 393-414p

ZADEH, L.A. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control, vol. 8, p. 338-353

ZADEH, L.A.. Fuzzy sets as a basis for theory of possibility. Fuzzy Sets Syst. 1, 3-28. Ano 1978.