

TÉCNICAS DE INFERÊNCIA ESPACIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA NA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO, SÃO PAULO, BRASIL ⁽ⁱ⁾

Viviana Aguilar Muñoz¹, Cláudia Maria Almeida²,
Márcio de Morisson Valeriano³, Edson Crepani⁴, José Simeão de Medeiros⁵

¹viaguila@osso.univalle.edu.co, pesquisadora do Observatorio Sismologico del Sur Occidente Colombiano -OSSO; ^{2,3,4,5}{almeida, valerian, crepani, simeao}@ltid.inpe.br, pesquisadores da Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas, Geoprocessamento, Técnicas de Inferência Espacial, Movimentos de Massa, Riscos Geológicos.

RESUMO

No campo dos SIG, os Modelos de Dados Geográficos têm sido usados para a representação de fenômenos do mundo real e as Técnicas de Inferência Espacial para a modelagem e análise. Esta pesquisa é um exercício de aplicação das técnicas Booleana, Media Ponderada, Fuzzy Gama e o método de suporte à decisão *Analytical Hierarchy Process* – AHP-, na modelagem e análise da Susceptibilidade aos Movimentos de Massa no município de São Sebastião, São Paulo, Brasil. A unidade fisiográfica do exercício é a Vertente Natural, vista na escala 1:20 000. Nesta escala a Topografia (Declividade), Geomorfologia (Feições do Relevo), Geologia (Litologia e Materiais Superficiais ou solos) e Hidrologia (Excedente e Armazenamento Hídrico), são os principais fatores de control do escorregamento. A avaliação das variáveis determina-se segundo critérios definidos previamente da pesquisa conceitual cuidadosa e estudos de caso. Obtiveram-se mapas de susceptibilidade para cada técnica aplicada onde as técnicas quantitativas forneceram resultados mais confiáveis do que as técnicas qualitativas, pois as primeiras desenvolveram-se com critérios matemáticos que diminuíram as ambigüedades próprias do pensamento humano. No entanto, estimase que a qualidade dos resultados depende principalmente da definição acertada do modelo conceitual, da qualidade dos dados e dos critérios de avaliação adotados pelo pesquisador.

ABSTRACT

Geographical data models and data analysis models have been used in GIS for the representation and analysis of real world phenomena. This is an application exercise of Simple Logical Boolean Operations, Maps Average, Fuzzy Gama and *Analytical Hierarchy Process* – AHP- for Landslides Susceptibility Modelling in São Sebastião City, São Paulo State, Brazil. Analysis was development on Natural Slope, observed throughout 1:20 000 scale. As such scale Topography (declivity), Geomorphology (earth morphology), Geology (litology and soils), and Hidrology (water exceed and storage) are the main controlling factors for the landslides. The entities rate was related to expert judgment. Maps derived of quantitative analysis are better than maps derived of qualitative analysis because have been developmented on basis of mathematical concepts and reduce the human mind double meanings. Nevertheless, quality results are dependent mainly of conceptual model, data quality and expert judgment.

(i) Monografia de Especialização do XVIII Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica. INPE 2005. Autora: Viviana Aguilar. Orientadora Dra. Cláudia Maria Almeida. Co-orientador Dr. Márcio de Morisson Valeriano. Título original: *Análise Comparativa de Técnicas de Inferência Espacial para Identificação de Unidades de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa na Região de São Sebastião, São Paulo, Brasil.*

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos naturais modeladores da paisagem, muito freqüentes nas regiões montanhosas, e podem acontecer como consequência de outros processos, naturais ou não, tais como furacões, chuvas intensas, sismos ou mesmo a atividade do homem. São considerados desastrosos quando afectam a vida, em qualquer das suas feições, e/ou os bens materiais de uma sociedade humana.

Para avaliar o perigo aos fenômenos desta natureza, os pesquisadores do tema têm desenvolvido diferentes metodologias de zoneamento cartográfico das áreas expostas aos Movimentos de Massa. No campo do Geoprocessamento, estas metodologias estão baseadas na integração, manipulação e análise de dados espaciais multifonte com ferramentas SIG e são conhecidas como **Técnicas de Inferência Espacial**.

Neste trabalho têm se desenvolvido e apresentado uma metodologia de modelagem com dados do município de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Obtiveram-se diferentes mapas de zoneamento à susceptibilidade aos movimentos de massa do município ao testar várias técnicas de inferência espacial. Propõem-se alguns critérios para a qualificação dos resultados.

2. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Sebastião (Figura 1), fica no litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil, a uns 200 km ao nordeste de São Paulo, capital. As coordenadas geográficas (UTM – SAD69) no Porto Dersa, frente da Ilhabela, são Lat 23°47'30"S, Long 45°23'W. A área municipal compreende uns 401,9 km² e quasi 107 km lineares de litoral. A área de estudo pertence ao sistema Serra do Mar – Mantiqueira, onde apresentam-se as maiores alturas da topografia brasileira e condições fisiográficas muito favoráveis aos movimentos de massa (Prefeitura Municipal, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

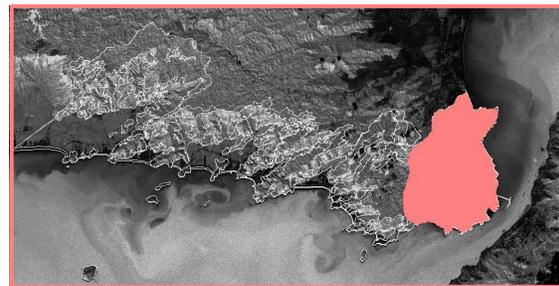
Os dados para a modelagem tem duas fontes: Crepani e Medeiros (2002) e Valeriano e Picini (2003). A Escala é intermedia e corresponde à dos dados, 1:20.000. As ferramentas usadas

Figura 1. Localização



a. O Brasil em tons de cinza escuro e o Estado de São Paulo em rosa;

b. Área metropolitana da cidade de São Paulo. No recuadro rosa São Sebastião;



c. Imagem SPOT do município de São Sebastião, 16/05/1999, fonte Crepani e Medeiros, 2002. A linha branca indica o perímetro do município e o cor rosa o área de estudo.

para o geoprocessamento dos dados foram o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e a linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), desenvolvidos pelo INPE. A metodologia proposta basease na aplicação, test e análise comparativo de técnicas de inferência espacial de tipo qualitativo e quantitativo na seleção do modelo de susceptibilidade apropriado às condições particulares da área de estudo.

A base conceitual têm sido abordada desde três aspectos:

(i) **Teoria dos Desastres**, desenvolvida por LA RED (Blaikie, 1996; Mansilla, 1996; Maskrey, 1998; Velásquez y Rosales, 1999), no tocante aos conceitos da Susceptibilidade. Esta teoria têm aportado reflexões

conceituais a partir de eventos reais, que podem facilitar a compreensão da sua complexidade.

No presente exercício considerase como *Risco Geológico* à probabilidade de ocorrência do *Desastre*, dada uma *Ameaça Geológica* e uma povoação Vulnerável, daí que os elementos do risco são a *Ameaça* e a *Vulnerabilidade*. Por sua vez, os elementos da *Ameaça* são a *Susceptibilidade* e os *Fatores Desencadeadores* (ou agentes perturbadores). Na gestão e no planeamento do território, a *Gestão do Risco Geológico* é o estudo dos riscos geológicos com o propósito de incluir nas políticas governamentais as medidas de mitigação e prevenção que possam diminuir o impacto dos desastres.

(ii) Dinâmica das Vertentes Naturais, no tocante ao estudo das predisposições naturais do território aos movimentos de massa.

Os *movimentos de massa*, ou escorregamentos do regolito, são deslocamentos do material parental transformado, gerados pelo rompimento do equilíbrio dinâmico da vertente. Os fatores que comprometem a estabilidade de um sistema geomorfológico de vertente poder-se-iam agrupar em três classes: (a) as suas condições originais ou fatores passivos; (b) os fatores de deterioro, erosivos, que geram transformações lentas das condições originais e (c) os fatores desencadeadores dos deslocamentos do material transformado (Suárez, 1998).

No estudo dos riscos geológicos das vertentes, os fatores que determinam a *susceptibilidade aos movimentos de massa* são as condições originais (escenciais) e de deterioro da vertente, as quais atuam com os fatores desencadeadores para constituir a *ameaça aos movimentos de massa*.

Segundo Soeters e Van Westen (1996), os dados de entrada para a modelagem da susceptibilidade aos movimentos de massa podem se dividir em cinco grupos básicos de variáveis: topografia, geomorfologia, geologia, hidrologia e uso do solo;

(iii) Teoria dos SIG, no tocante ao paradigma dos quatro universos (Câmara et. Al, 1996):

a. *O Universo do Mundo Real (ontológico)*, o das entidades da realidade para se modelar no sistema. No caso, as entidades do Banco de Dados Crepani e Medeiros (2002) selecionadas para a modelagem foram :

- Topografia: representada na declividade, conseguida do fatiamento do MNT, segundo as curvas de nível, e expressa em intervalos percentuais;
- Geomorfologia: representada nas unidades geomorfológicas, conseguidas do sensoriamento remoto e trabalho de campo (IGC, 1996);
- Geologia: as unidades litológicas obtidas de mapa geológico existente, sensoriamento remoto e trabalho de campo (IPT, 1981) e os materiais superficiais obtidos do mapa pedológico;
- Usos do Solo: classes obtidas de foto-interpretção, sensoriamento remoto e trabalho de campo;

e do Banco de Dados Valeriano e Picini (2003):

- Armazenamento de água no solo: relação entre a capacidade de armazenamento dos solos, a precipitação e a evapotranspiração;
- Excedente Hídrico: água que escoar sobre condições de saturação do solo.

Têm sido selecionadas as amostras de agosto para a modelagem do período seco (abril até setembro), as amostras de janeiro para o período úmido (outubro até março), e a CAD (Capacidade de Água Disponível no Solo) = 50mm

b. *O Universo Matemático*, o qual inclui uma definição matemática (formal) das entidades para se representar classes de dados (contínuos, discretos) e tipos de dados (temáticos e catastrales, modelos numéricos de terreno, dados de sensoriamento remoto).

Para este exercício, o espaço geográfico é modelado segundo a vição do modelo de campo; a região geográfica da base de dados fica entre as coordenadas:

$$(X_1, Y_1) = (450172.9 W, 7363484.8 S),$$
$$(X_2, Y_2) = (461443.0 W, 7378280.8 S).$$

Os Geocampos da BD estão relacionados na tabela 1:

Tabela 1. Geocampos

<i>Categoria</i>	<i>Geo-campo</i>
Declividade	DTM
Fatiamento da Declividade	Temático
Cobertura Vegetal e uso	Temático
Geologia	Temático
Solos	Temático
Hidrologia (Excedente e Armazenamento)	DTM
Fatiamento da Hidrologia	Temático
Imagem SPOT	Imagem
Modelos e Submodelos	Temáticos

c. *O Universo da Representação*, onde as diversas entidades formais definidas no universo conceitual são levadas a representações geométricas e alfanuméricas (matricial e vectorial) no computador, podendo mudar em relação à escala e projeção cartográfica adotada e a época de aquisição dos dados.

A representação das entidades do exercício é vectorial, a projeção UTM / SAD 69 e a escala 1:20 000.

d. *O Universo da Implementação*, onde são escolhidas as estruturas de dados e os algoritmos baseados em considerações tais como desempenho, capacidade de equipamento e tamanho da massa de dados. É aqui onde ocorre o desenvolvimento do modelo de dados, ou **Modelagem**, com o uso das linguagens de programação.

4. MODELAGEM

O modelo GIS pode – se representar como uma operação entre mapas para gerar novos mapas:

$$\text{Output map} = f(2 \text{ or more input maps}),$$

onde *f* é a função que integra os mapas de entrada e gera outro de saída (Bonham Carter, 1994). Mas também pode – se representar como operações entre atributos de bases de dados, para a geração de novos atributos:

$$U_j = f(A, B, C, D, \dots),$$

Onde *A, B, C, etc.* são os valores dos atributos usados para estimar *U_j*, e a função *f(x)* pode ser uma das seguintes:

- Operações lógicas (booleano);
- Operações aritméticas simples, complexas e modelos numéricos;
- Análises estatístico univariado;
- Métodos estatísticos multivariados ou estatística bayesiana para classificação e discriminação;
- Métodos multicritério, métodos de inteligência artificial (AI): redes neurais.

(Burrough e McDonnell, 1998).

4.1 Definição do Modelo Conceitual. O modelo geral de SIG proposto para a determinação da susceptibilidade aos movimentos de massa no município de São Sebastião está representado na equação:

$$S = f(Ta; Gm; Ga; Ha; Us);$$

onde: Ta = Topografia; Gm = Geomorfologia; Ga = Geologia (litologia (L) e solos ou materiais superficiais (S)); Ha = Hidrologia (excedente (E) e armazenamento (A) hídrico) e Us = Uso do Solo. O mapa da **S** é a divisão do território em zonas homogêneas de acordo com o seu grau de susceptibilidade: (i) muito alta (*ma*); (ii) alta (*a*); (iii) média (*m*); (iv) baixa (*b*); muito baixa (*mb*).

4.2 Critérios para a Valoração das Variáveis. Cada variável foi valorada segundo o grau de participação da mesma na susceptibilidade e/ou no sistema da vertente. Está determinada pelas condições do seu próprio equilíbrio dinâmico em relação às do sistema.

a. *Valoração da Ta.* Baseada em dois conceitos principais: (i) A perda da terra é uma função esponencial da declividade(D) (Bertoni e Lombardi, 1990) e (ii) Cada unidade da vertente é governada por um processo geomorfológico dominante (Darlympe et al., 1968);

b. *Valoração da Gm.* As formas refletem o

equilíbrio entre a estrutura geológica e o processo modelador dominante. As formas dam conta do processo, de fato que aquelas prevalecerem até que estos prevaleçam;

c. *Valoração da Ga.* A geologia determina a resistência do material aos processos modeladores da paisagem. Idade, competência da rocha, erodabilidade, região geomorfológica e manto de intemperismo determinam o valor da variável (Aguilar e Mendoza, 2002);

d. *Valoração da Ha.* Valorase a capacidade de armazenamento e as condições de máximo armazenamento ou saturação do sistema solo. O principal aporte à susceptibilidade aos escorregamentos está dado pela água que fica e satura o sistema (Aguilar e Mendoza, 2002);

e. *Valoração dos Us.* Região geomorfológica de ocorrência e grau de alteração da cobertura natural. Os usos diminuem o fator de segurança e podem precipitar o desequilíbrio. O tipo e densidade de vegetação refletirão as variações nas águas subterrâneas de uma área determinada. As plantas exercem uma dupla ação na vertente: desagregação e empobrecimento do solo no processo de fotossíntese, e proteção e agregação de solo no processo de interseção da chuva e geração de húmus. Mas, quando o peso da mata é suficiente para gerar desabamento de árvores, de modo natural, ocorre movimentação de terra na superfície da encosta (Christofoletti, 1980).

4.3 Definição de $f(x)$ para cada Técnica.

(i) *Modelo Booleano.* Foi calculada a matriz de operação baseada nas combinações entre Ta, Gm e Ga (L e S), dado que estas variáveis controlam o modelo; por sua vez, Ha e Us podem variar desde susceptibilidade *ma* até *mb* sem afetar o sistema.

$$\text{Booleana: } f(x) = \text{Seb};$$

$$\text{Seb} = [t \text{ and } g \text{ and } l \text{ and } s]_{\text{CONDIÇÃO 1}} \text{ or } [t \text{ and } g \text{ and } l \text{ and } s]_{\text{CONDIÇÃO 2}} \text{ or } \dots \text{ or } [t \text{ and } g \text{ and } l \text{ and } s]_{\text{CONDIÇÃO n}}$$

Tabela 2. Matriz de importância para o modelo Booleano

	Ta (%)	Gm	L	S
ma	D >= 77	Escarpas	Depósitos	Latos-
a	58 <= D < 77	Morros	Magmatitos	Cambis-
m	20 <= D < 58	Talus-Coluvios - Conos	Rochas Granitoides-granulitos	Espodos -
b	10 <= D < 20	Planaltos	Sedimentos	Neos-
mb	0 <= D < 10	Planicies	Depósitos Litorâneos	Areia da Praia

(ii) *Modelo Média Ponderada.* Os coeficientes estão no intervalo (0,1) e representam os valores do peso das variáveis. Foram atribuídos segundo critérios baseados na pesquisa bibliográfica e consulta a pesquisadores na área de cada variável.

$$\text{Media Ponderada: } f(x) = \text{Sep};$$

$$\text{Sep} = [(0.45) Ta + (0.25) Gm + (0.15) L + (0.07) S + (0.05) E + (0.02) A + (0.01) Us] \div 1$$

$$\left(\sum p = 1 \right), p \text{ é o peso.}$$

(iii) *Modelo Media Ponderada com Suporte à Decisão AHP.* Foi calculada a matriz de consistência:

Tabela 3. Matriz de Consistência AHP

Categoria		Peso	Categoria
Gm	5	Melhor	Ha
Ga	3	Algo Melhor	Ha
Ta	7	Muito Melhor	Ha
Ha	2	Um Pouco Melhor	Us
Gm	3	Algo Melhor	Ga
Ta	2	Um Pouco Melhor	Gm
Ta	4	Moderadamente Melhor	Ga
Ga	6	Bem Melhor	Us
Ta	9	Absolutamente Melhor	Us

A matriz deu uma razão de consistência CR = 0.030, e os coeficientes AHP foram ajustados para $(\sum p = 1)$:

Ta = 0.462; Gm = 0.298; Ga = (L + S) = 0.145; Ha = (E + A) = 0.067; Us = 0.028.

Media Ponderada com Suporte à Decisão

$$\text{AHP} : f(x) = \text{Sep}_{(AHP)} ;$$

$$\text{Sep}_{(AHP)} = [(0.462) Ta + (0.298) Gm + (0.0725) L + (0.0725) S + (0.0335) E + (0.0335) A + (0.028) Us] \div 1$$

(iv) *Modelo Fuzzy Gama*. Aplicando à transformação logística:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \alpha(x - \beta)^2}$$

os valores de x , para todo $x = \{Ta, Gm, L, S, E, A, Us\}$, foram levados ao intervalo (0,1).

Premisas:

1. Para $f(x) = 1$, $x = 10$;

2. Para $f(x) = 0.5$, $x = 0.4995$;

3. Si $\alpha \neq 0 \Rightarrow \beta = 10 \therefore \alpha = 0,0399$; daí:

Tabela 4. Transformação dos valores de x

$f(x)$	x	Classe
1	10	Muito alta
0.8	7.5	Alta
0.5	5.0	Media
0.3	2.5	Baixa
0.2	0.01	Muito baixa

Foi selecionado como índice $\text{Sep}_{(AHP)}$, calculado com os valores de $f(x)$. Finalmente foram calculados os modelos fuzzy para os valores de gama (γ) = {0.60; 0.63; 0.65 e 0.70}.

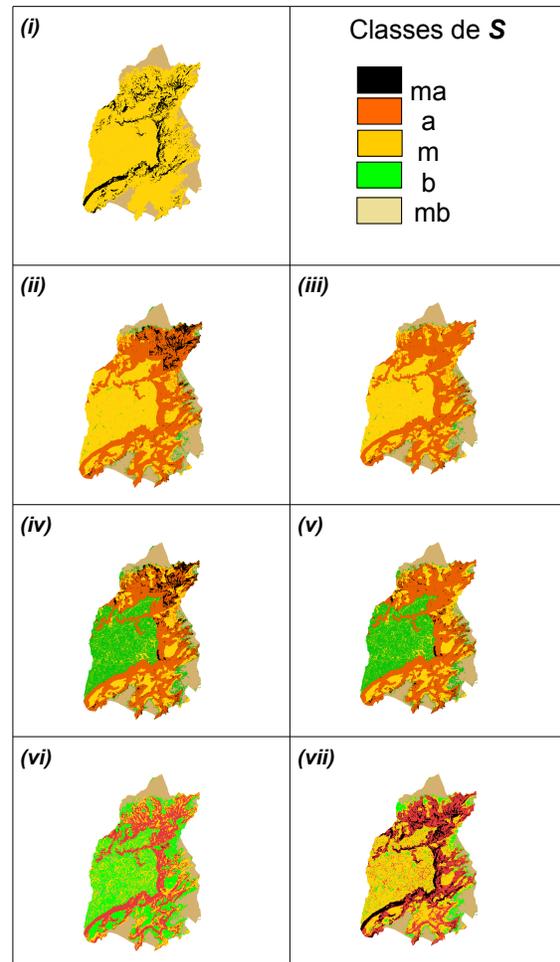
$$\text{Fuzzy Gama} : f(x) = \text{Sef};$$

$$\text{Sef} = [1 - (1 - \text{Sep}_{(AHP)})^\gamma] \cdot (\text{Sep}_{(AHP)})^{1-\gamma}$$

4.4 RESULTADOS

A modelagem foi desenvolvida sobre uma área teste ao nordeste do município (figura 1.c). Foi desenvolvido o código no linguagem LEGAL, e executadas várias provas para cada técnica. Apresentam-se os melhores resultados nos seguintes gráficos (i) Modelo Booleano Geral; (ii) Modelo Media Ponderada para Janeiro (exemplo para estação chuvosa); (iii) Modelo Media Ponderada para Agosto (exemplo para estação seca); (iv) Modelo Media Ponderada com Suporte AHP para Janeiro; (v) Modelo Media Ponderada com Suporte AHP para Agosto. No caso dos modelos Fuzzy Gama, apresenta-se: (vi) Modelo Fuzzy Gama do cenário mais otimista ($\gamma = 0.60$) do mês da estação seca (agosto); (vii) Modelo Fuzzy Gama do cenário mais pessimista ($\gamma = 0.70$) do mês da estação chuvosa (janeiro).

Tabela 5. Resultados da Modelagem



Os resultados poder-se-iam qualificar testando-os com dados de verdade terrestre, tais como inventários de eventos reais. Propõe-se a seguinte seqüência metodológica na modelagem da susceptibilidade aos movimentos de massa:

(i) Definição das variáveis e do modelo conceitual; (ii) seleção, avaliação e avaliação dos materiais e métodos; (iii) Geração do Banco de Dados; (iv) Seleção das técnicas de inferência espacial para a modelagem; (v) Reclassificação das variáveis temáticas (qualitativas); (vi) Ponderação numérica das variáveis numéricas e da reclassificação das variáveis temáticas; (vii) Modelagem quantitativa; (viii) Ponderação temática das variáveis numéricas e da reclassificação das variáveis temáticas; (ix) Modelagem qualitativa; (x) Avaliação, qualificação e análise dos resultados com base em dados verdade terrestre; (xi) Comparação dos resultados; (xii) Seleção do mapa de susceptibilidade.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Técnicas de Inferência Espacial

As técnicas do tipo quantitativo diminuem ambigüidades próprias do pensamento humano na hora da tomada de decisões. No caso de este exercício, com aplicação da técnica Fuzzy Gama, tem-se conseguido acrescentar o detalhamento das informações de saída com a mínima quantidade de erro.

O nível da qualidade das variáveis garante o sucesso ou o fracasso dos resultados. Precisa-se desenvolver metodologias de avaliação dos dados de entrada para a modelagem, as quais sejam aplicadas antes de se iniciar a modelagem.

No caso das variáveis qualitativas (p. ex. geologia e geomorfologia), os pesquisadores teriam que desenvolver **indicadores** numéricos para serem utilizados como variáveis quantitativas, os quais poderiam fornecer resultados criteriosos na modelagem de fenômenos naturais.

Movimentos de Massa

O fenômeno dos movimentos de massa é um tema atual, de importantes implicações para o

desenvolvimento das nações e pela ameaça que constitui para a vida humana. Mais os aportes das pesquisas no tema adiantam o conhecimento científico da evolução da paisagem geomorfológica das vertentes e as suas implicações sobre a biomassa: os deslocamentos do regolito geram novas formas de vida e de interações do geossistema.

É absolutamente necessário gerar uma cultura de inventariar os movimentos de massa. Estas informações são fundamentais para a avaliação dos modelos SIG que pretendam representar e explicar este fenômeno.

Os critérios para a modelagem da susceptibilidade são diferentes dos critérios definidos para a modelagem de ameaça, da vulnerabilidade ou do risco. Por exemplo, para a modelagem da susceptibilidade, a hidrologia terá um nível de importância menor do que para a modelagem da ameaça, pois na primeira, a água atua como um agente preparador, e na segunda, como desencadeador do fenômeno.

Modelo de Susceptibilidade

Visto que a susceptibilidade aos movimentos de massa evolui sazonalmente em resposta às dinâmicas climáticas, poder-se-ia abordar a modelagem do fenômeno no contexto da modelagem dinâmica.

Segundo o resultado mais criterioso obtido neste exercício (Tabela 5, figura (vii)), a zona nordeste do município de São Sebastião é amplamente susceptível aos movimentos de massa no mês de janeiro, principalmente nas áreas das encostas da serra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, V. y Mendoza, D., *Aproximación a un Modelo de Susceptibilidad a Movimientos de Masa en el Eje Cafetero, Colombia*, Universidad del Valle, Cali, Colômbia, 2002.

Almeida, F.F.M. de et al. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*; escala 1:500 000. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.1. (IPT. Monografia, 6. Publicação, 1 184). Em Sonvesso, 2003.

Blaikie, P., Cannon, T., David, I. and Wisner,

- B., Vulnerabilidade, el Entorno Social, Político y Económico de los Desastres**, Red de Estudios Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, LA RED, 1996. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/index.html>. Acessada em 26 junho 2005.
- Bertoni J., Lombardi Neto F., Conservação do Solo**. São Paulo, 3ª ed., 1990.
- Bonham - Carter, G. F.;** *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Geological Survey of Canadá. Ottawa, Ontário, Canadá. Delta Printing Ltda., 1994.
- Burrough P. A. and McDonnell Rachael A., Principles of Geographical Information Systems; Spatial Information System e Geostatistics**. Oxford University Press, 1998.
- Câmera, G., Souxa, R.C.M., Freitas U.M., Garrido, J., Mitsuo F. I., SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object – Oriented Data Modelling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395 – 403,1996. INPE, São José dos Campos. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>. Acesso em 26 novembro 2005.
- Crepani, E. e De Medeiros, J.S., Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Estudo da Vulnerabilidade aos Movimentos de Massa no Município de São Sebastião – SP**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil, 2002.
- Christofoletti, A., Geomorfologia**. São Paulo, Brasil. Editora Edgard Blücher Ltda. 1980.
- Dalrymple, J.B., Blong, R.J. e Conacher, A.J., A Hipotetical Nine Unit Land Surface Model**. Zeitschrift für Geomorphologie, 12 (1), pp. 60-76, 1968. Em Christofoletti, 1980.
- Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGC -, Universidade Estadual Paulista – UNESP -;** *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Escala 1: 250.000; Folha Santos: SF-23-Y-D*. Governo do Estado de São Paulo; Secretaria de Obras e do Meio Ambiente; Departamento de Águas e Energia Elétrica. Rio Claro, 1984.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT do Estado de São Paulo S.A., (1981)- Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Pró – Minério**. Em Crepani e Medeiros 2002.
- Instituto Geológico São Paulo, Carta de Risco a Movimentos de Massa e Inundações do Município de São Sebastião**. São Paulo, 1996.
- Mansilla, E., (editora); Desastres, Modelo para Armar, Colección de Piezas de un Rompecabezas Social**, Red de Estudos Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, LA RED, 1996. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/dma/index.html>. Acessada em 26 junho 2005.
- Maskrey, A. (compilador); Navegando Entre Brumas, La Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgos en América Latina**, Red de Estudos Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, LA RED, 1998. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/index.html>. Acessada em 26 junho 2005.
- Ponçano, W.L., Carneiro, C.D.R., Bistrichi, C.A., Almeida, F.F.M., Prandini, F.L., Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT. V1. Monografia 5. Em Sonvesso, 2003.
- Prefeitura Municipal, Município de São Sebastião. Sitio Web**. Disponível em <http://www.saosebastiao.sp.gov.br/>. Acessada em 26 de junho de 2005.
- Soeters, R. and Van Westen, C. J., Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. In: Landslides: Investigation and Mitigation**. Transportation Research Board Special Report 247, 1996.
- Sonvesso, S.S., Análise Morfométrica de um Setor do Planalto Atlântico e Província Costeira, entre Salesópolis e São Sebastião, SP**. Monografia de trabalho de foratura (TF-2003/51). Universidade de São Paulo, USP, Instituto de Geociências, IGC, 2003.
- Suárez, J. Deslizamientos y Estabilidad de Laderas en Zonas Tropicales**. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda. 1998. Em Aguilar e Mendoza 2002.
- Valeriano, M.M.; Picini A.G.; Geoprocessamento de Informações Agroclimatológicas**. INPE, São José dos Campos, 2003.
- Velásquez, A. y Rosales, C.; Escudriñando en los Desastres a Todas las Escalas, Concepción, Metodología y Análisis de Desastres en América Latina Utilizando DesInventar**. OSSO-ITDG-LA RED, 1999. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/libros/2000/ryc/index.html>. Acessada em 26 junho 2005.