

Mapeamento de Risco a Escorregamentos na Escala 1:10.000: Abordagem Metodológica Aplicada em Ubatuba, SP.

Lídia Keiko Tominaga, Instituto Geológico – SMA/SP, tominaga@igeologico.sp.gov.br;

Denise Rossini-Penteado, Instituto Geológico – SMA/SP, denise@igeologico.sp.gov.br;

Cláudio José Ferreira, Instituto Geológico – SMA/SP, cjfcjf@gmail.com;

Ricardo Vedovello, Instituto Geológico – SMA/SP, vedovello@igeologico.sp.gov.br

Resumo

Este trabalho apresenta a abordagem metodológica empregada para a elaboração de mapa de risco a escorregamentos, com base em Unidades de Paisagem definidas por meio de análise integrada dos componentes do meio físico, do uso e ocupação do solo e da vegetação, com a utilização de recursos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O mapeamento de risco a escorregamentos envolve uma seqüência de estudos dos fatores naturais do meio físico que influenciam a ocorrência destes processos e das ações antrópicas que atuam como indutores dos fenômenos de instabilização e como elementos que se expõe ao risco. Para esta análise, envolvendo múltiplos e diferenciados fatores, adotaram-se técnicas de ponderação dos atributos qualitativos e de normalização dos quantitativos.

A avaliação de risco refere-se a uma estimativa da extensão dos prováveis danos que podem resultar caso ocorram fenômenos de escorregamentos. Considera-se o Risco (R) como uma função de três variáveis: do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (D), sendo expresso na equação: $R = P \times V \times D$. O perigo depende da suscetibilidade do meio físico e do potencial de indução do uso do solo. Os danos podem ser na forma de perdas de vidas e/ou econômicas, de recursos naturais ou de propriedades. Os resultados apresentados neste trabalho referem-se somente à avaliação de risco a pessoas.

Palavras-chave: Risco, Perigo, Vulnerabilidade, Escorregamentos, Ubatuba.

Abstract

This work presents the methodology applied for mapping risk to landslides. The method is based on the spatial analysis of Landscape Units which were defined in a Geographical Information System (GIS) as the intersection of three components or layers: physical environment, urban land use and vegetation. The landslide risk mapping comprises characterization of several factors ruled by both natural physical and human environments. The later ones play a double role in the analysis, acting as inducer of hazards and as the element at risk as well. The study tackles with three different concepts included in the risk definition: hazard (composed itself by susceptibility and inducer potential), vulnerability and potential damage ($R=H*V*D$). Numerical techniques of pondering and normalization were utilised, considering the task of handling with multiple and different attributes. The damage related to the risk analysis could be appraisal as lost of life or economic, environmental or building damages. The results presented concern only in terms of the number of people at risk.

Key-words: Risk, Hazard, Vulnerability, Landslide, Ubatuba

Introdução

No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são os escorregamentos em encostas e as inundações, os quais ocorrem associados às chuvas intensas e prolongadas. Apesar das inundações serem as responsáveis pelos maiores prejuízos

econômicos e impactos na saúde pública, os desastres que envolvem maiores perdas de vidas são decorrentes dos escorregamentos (Carvalho e Galvão 2006).

Em mapeamentos de riscos realizados em vários municípios brasileiros constatou-se que a falta ou carência de infra-estrutura urbana é uma das principais causas dos fenômenos de escorregamentos no Brasil. Dessa forma, as ações de prevenção de riscos de escorregamentos em encostas devem ser priorizadas para as áreas de assentamentos precários, devendo fazer parte das políticas municipais de habitação, de saneamento e de planejamento urbano (Carvalho e Galvão 2006).

A análise de risco, envolvendo avaliação de perigo, de vulnerabilidade e de dano potencial do elemento em risco, é fundamental para as ações de gerenciamento e, principalmente, de prevenção de riscos urbanos por parte do poder público. O objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem metodológica para a elaboração de mapas de risco a escorregamentos, baseada numa avaliação de terreno que considera a análise integrada dos componentes da paisagem (físicos, bióticos e antrópicos) e a utilização de recursos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Dentre os municípios da região do Litoral Norte de São Paulo, Ubatuba é o que registra maior número de ocorrências de acidentes relacionados a processos de movimentos de massa, além de apresentar índices pluviométricos mais elevados (Santoro 2003).

Para esta análise, realizada em escala 1:10.000, foi priorizada a região centro-sul do município, pelo fato de apresentar maior tendência de crescimento da ocupação urbana, maior número de áreas degradadas pela mineração de saibro, as quais associam-se muitas vezes ocupações urbanas precárias e condições instáveis do terreno e de mais ocorrências de acidentes associados a escorregamentos. A área selecionada para o desenvolvimento deste trabalho (Figura 01) envolve as Folhas Praia da Enseada e Ubatuba I (IGC 1978).

Fundamentação Teórica

O processo de análise de risco a escorregamentos envolve uma série de avaliações relacionadas ao perigo (susceptibilidade e potencial de indução), a vulnerabilidade e ao dano potencial. A abordagem desenvolvida baseia-se na análise de Unidades de Paisagem que integram os componentes do meio físico, uso e ocupação do solo e vegetação. Como os fatores considerados neste estudo são múltiplos e diferenciados, adotou-se a metodologia de combinação de mapas de índices ou parâmetros, proposta por Soeters e Van Westen (1996). De acordo com esta proposta, os fatores que afetam a estabilidade de vertentes recebem

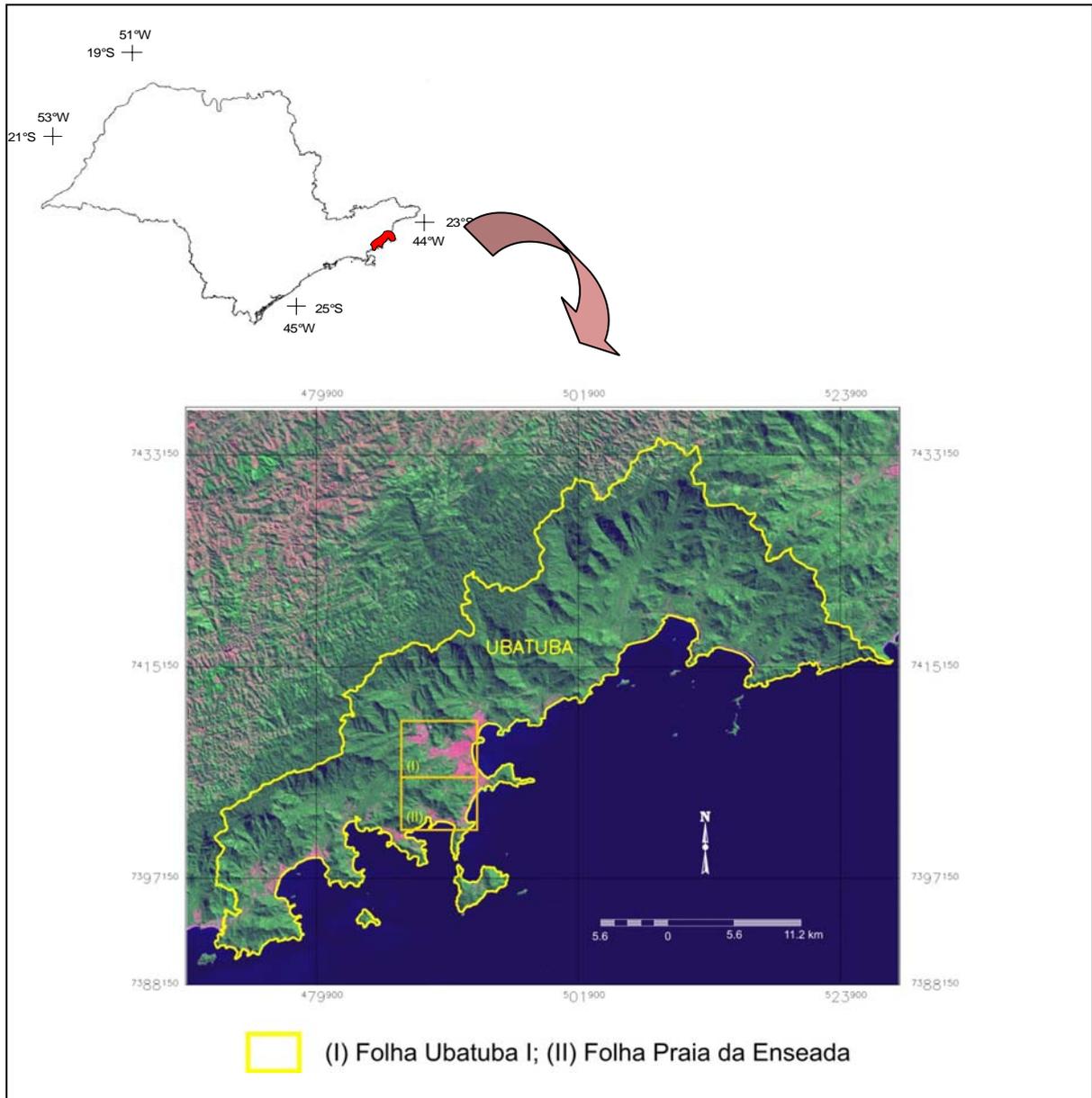


Figura 01 – Localização da área de estudo no Estado de São Paulo

valores ponderados proporcionais à sua contribuição relativa em desencadear processos de instabilização. Esta técnica facilita a operacionalização das análises.

A avaliação de risco refere-se a uma estimativa da extensão dos prováveis danos que podem resultar caso ocorra um fenômeno de escorregamento. Os danos podem ser na forma de perdas de vidas ou prejuízos, danos aos recursos naturais e ou propriedades. Com base em Varnes (1984), Einstein (1988), Anbalagan e Singh (1996), Augusto Filho (2001), Tominaga et al. (2004), Tominaga (2007), entre outros, define-se Risco como a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos. Para este

trabalho considera-se o Risco (R) como uma função de três variáveis: do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (D), o qual pode ser expresso como:

$R = P \times V \times D$, onde, R = Risco; P = Perigo; V = Vulnerabilidade; e D = Dano Potencial

O Perigo corresponde à probabilidade de um escorregamento potencialmente danoso ocorrer dentro de um espaço e num determinado período, sendo definido pela suscetibilidade natural do terreno a ocorrência do fenômeno potencialmente danoso e pelo potencial de indução do uso e ocupação do solo. A Vulnerabilidade reflete as condições determinadas por fatores físicos, relacionados à característica da ocupação, à resistência de construções e proteções decorrentes da existência de infra-estrutura, e por fatores humanos, relacionados aos aspectos econômicos, sociais, políticos, técnicos, ideológicos, culturais, educacionais, ecológicos e institucionais, os quais podem aumentar ou reduzir a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos (ONU 2004). Dano Potencial refere-se à estimativa da extensão do dano resultante, expresso pelo número de pessoas ou pelo valor das propriedades e bens sob risco.

Além das informações do meio físico, destaca-se a influência das ações antrópicas no desencadeamento de situações de risco. Os padrões de uso e ocupação do solo figuram como elementos intrínsecos à análise e mapeamento de risco, pois condicionam as três variáveis da equação de risco.

Procedimentos Metodológicos

Neste trabalho foram utilizados produtos de Sensoriamento Remoto e recursos de Sistemas de Informação Geográfica para a criação de banco de dados (gráfico e alfanumérico), para o desenvolvimento de análises espaciais e da cartografia temática. No programa SPRING (versão 4.2), desenvolvido pelo INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais (Câmara *et al.* 1996), foi criado o banco de dados georeferenciado onde são armazenadas e gerenciadas as informações levantadas e geradas nas diversas etapas de análise. O programa *ArcMap* (versão 9.2) subsidiou a elaboração das cartas temáticas de perigo e de riscos, sendo utilizado nos processos de classificação, análise e edição cartográfica final.

A análise de risco a escorregamentos envolveu a estimativa e avaliação das três variáveis que compõem a equação do risco (Perigo, Vulnerabilidade e Dano Potencial). Os procedimentos envolvidos para esta análise em escala 1:10.000, tendo como base a abordagem de paisagem, foram agrupados em 5 etapas principais: 1) obtenção dos Mapas Básicos; 2) avaliação de Perigo de

Escorregamentos; 3) avaliação da Vulnerabilidade e do Dano Potencial do Elemento em Risco e; 4) avaliação do risco – com a estimativa do Índice de Risco; 5) Cartografia Final.

As análises foram efetuadas apenas nos setores de vertentes (encostas) da área de estudo. Os setores de planície foram excluídos, já que nestes setores os processos de escorregamentos são menos comuns e suas conseqüências pouco significativas.

1. Obtenção dos Mapas Básicos

Os estudos envolvendo a análise de risco a escorregamentos iniciam-se pela obtenção de mapas básicos que retratam as características do meio físico e do uso e ocupação do solo. As condições do meio físico foram representadas e caracterizadas em mapas de Compartimentação Fisiográfica (escala 1:10.000) e de Unidades Climáticas (pluviosidade e excedente hídrico), conforme adotado em Tominaga *et al.* 2004 e Tominaga 2007.

As características de uso e ocupação do solo necessárias para a análise prevista foram levantadas e sistematizadas no Mapa de Uso e Ocupação do Solo Urbano, obtido por meio da interpretação sistemática de elementos texturais e tonais em imagens orbitais digitais de alta resolução espacial (Ikonos de 2002/2003). Este produto, elaborado com base na delimitação de Unidades Homogêneas (UHs) que figuram como as menores unidades geográficas de análise e sobre as quais são coletadas e armazenadas as informações de interesse inclui as características dos setores urbanos quanto ao tipo de uso predominante e ao padrão da ocupação, em seus aspectos físicos e sócio-econômicos (Kurkdjian 1986; Rossini-Penteado et al. 2007a). Os atributos que compõem as UHs e suas classes foram definidos considerando-se as características da ocupação que podem interferir ou induzir a ocorrência de processos geodinâmicos e determinar diferentes níveis de vulnerabilidade e de danos a pessoas, propriedades e bens frente à ocorrência destes processos (Rossini-Penteado et al. 2007b) .

Visando complementar as informações sobre uso e ocupação do solo além dos setores de uso urbano, foram identificados e mapeados, por meio da interpretação de ortofotos digitais do ano de 2001, os demais tipos de uso que ocorrem na área de estudo, compondo outro plano de informação com as seguintes classes: “Arbórea Densa”, “Herbácea”, “Arbustiva”, “Solo Exposto” e “Afloramento Rochoso”.

A fim de se obter as Unidades de Paisagem contendo as informações integradas do meio físico, do uso e ocupação do solo urbano e da vegetação, foram realizados cruzamentos entre os planos de informação vetorial da compartimentação fisiográfica e de uso e ocupação do solo (urbano e não urbano). Esta operação foi realizada por meio da função “Cruzamento de Planos de

Informação” disponível no SIG-SPRING. Como resultado, foi gerado um Plano de Informação cadastral contendo novos polígonos correspondentes às Unidades de Paisagem com área mínima de 1.000 m², definida em função da escala de mapeamento (1:10.000). Os atributos das Unidades de Paisagem foram inseridos na tabela de atributos tendo como referência os identificadores dos polígonos de cada unidade.

Nesta etapa, os atributos quantitativos relativos ao meio físico, ao clima e às informações sócio-econômicas (população, infra-estrutura sanitária, viária) obtidos dos setores censitários do IBGE (Rossini-Penteado et al. 2007a) foram calculados executando-se a operação de média zonal na Linguagem de Programação LEGAL disponível no SIG-SPRING. Este procedimento foi realizado fazendo uso das grades numéricas (Modelo Numérico do Terreno - MNT) geradas em etapa anterior por processos de interpolação e tendo como restrição os limites das Unidades de Paisagem.

2. Avaliação de Perigo de Escorregamentos

A avaliação do perigo foi realizada estimando-se inicialmente a suscetibilidade natural da área a escorregamentos, o potencial de indução do uso do solo e a probabilidade de evento chuvoso associado à deflagração de processos de escorregamentos.

Nesta etapa foi então obtido o **Índice de Perigo (IPe)** a partir do cálculo da média simples entre o **Índice de Suscetibilidade** e o **Índice de Potencial de Indução do Uso e Ocupação do Solo**, multiplicado pela **Probabilidade de ocorrência de chuva acumulada de 120mm em 72 horas**, conforme expresso na equação abaixo:

$IPe = (ISt + IPI)/2 \times PCh$ onde, IPe = Índice de Perigo a Escorregamentos, variando de 0 a 1; ISt = Índice de Suscetibilidade a Escorregamentos, variando de 0 a 1; IPI = Índice de Potencial de Indução, variando entre 0 e 1; PCh = Probabilidade de chuva acumulada de 120mm/72h, entre 0 e 1.

2.1. Avaliação da Suscetibilidade a Escorregamentos

A suscetibilidade indica o potencial ou a tendência que uma determinada área possui em desenvolver processos de escorregamentos. Esta avaliação é apoiada em um conjunto de características intrínsecas dos elementos do meio físico, considerando os registros de feições associados a estes processos. Na área de estudo, os principais fatores do meio físico identificados como condicionantes destes processos foram: o Relevo (declividade, forma de vertente e grau de dissecação); a Estrutura Geológica (densidade de lineamentos); o Material de Cobertura Inconsolidada (textura do solo); e o Clima (disponibilidade hídrica).

Para a análise da suscetibilidade foi aplicada a técnica AHP (Analytical Hierarchy Process) proposta por Saaty (1978) e disponível no SIG SPRING. Com base na comparação pareada, o AHP permite estimar a contribuição relativa de cada um dos fatores, definindo os respectivos “pesos”. A aplicação desta técnica para análise de suscetibilidade a escorregamentos encontra-se melhor detalhada em Tominaga (2007). O **Índice de Suscetibilidade** foi calculado conforme a expressão abaixo:

IST = (Re x 0,60) + (So x 0,25) + (Li x 0,10) + (DH x 0,05) / 4 , onde: IST = Índice de Suscetibilidade; Re = Relevo; So = Solo; Li = Lineamento; DH= Disponibilidade Hídrica.

2.2. Avaliação do Potencial de Indução do Uso e Ocupação do Solo

Para a avaliação de perigo os atributos de uso e ocupação do solo urbano foram classificados quanto ao potencial de indução aos processos de escorregamentos e à degradação ambiental. Os atributos considerados como importantes **fatores indutores** do perigo foram: Modo de Ocupação (UP2); Estágio de Ocupação (UP6); Traçado do Sistema Viário e Disposição dos Lotes e Edificações em relação à Curva de Nível (UP12); Esgotamento Sanitário (IE1); Abastecimento de Água (IE2); Destinação do Lixo (IE3); Tratamento do Sistema Viário (IE4). Estes fatores foram classificados de acordo com seu potencial de indução aos processos de escorregamento por meio de notas ponderadas e ou normalizadas definidas em função das características específicas de cada fator (Rossini-Penteado et al. 2007a).

O índice a partir do qual foi possível determinar o valor numérico do potencial de indução dos elementos e padrões de uso e ocupação do solo urbano para cada Unidade de Paisagem foi obtido a partir do cálculo da média simples entre as notas dos fatores indutores, conforme equação que segue:

IPI = (UP2 + UP6 + UP12 + IE1 + IE2 + IE3 + IE4) / 7 onde, IPI = Índice de Potencial de Indução, variando entre 0 e 1.

Para alguns tipos de uso e ocupação do solo, envolvendo classes de uso urbano e não urbano, o potencial de indução aos processos de escorregamentos foi avaliado em função do nível de cobertura e proteção do solo. Nas unidades com predomínio de cobertura vegetal, o porte da vegetação foi considerado como critério de classificação. À estas unidades foram atribuídas notas ponderadas com valores variando de 0 a 1, onde 0 (zero) indica influência nula e 1 (um) máxima influência na indução de processos de escorregamento.

2.3. Probabilidade de Ocorrência de Evento Chuvoso Crítico

O índice pluviométrico é outro fator fundamental, pois a ocorrência de chuva de uma determinada magnitude pode atuar como agente deflagrador de escorregamentos (Guidicini e Nieble 1984, Tatizana et al. 1987; Larsen e Torrez-Sanches 1998). Neste trabalho adotou-se o índice de acumulado de chuva de 120mm em 72 horas (Tatizana et al. 1987), como sendo o agente deflagrador dos escorregamentos. Considerando que na área de estudo, o tempo de retorno desta precipitação é anual, a probabilidade de que a mesma ocorra no intervalo de um ano é 1 (100%).

3. Avaliação da Vulnerabilidade e do Dano Potencial do Elemento em Risco

A avaliação da vulnerabilidade é um processo que determina o nível de exposição e a pré-disposição de um elemento (pessoas ou bens e propriedades) ser afetado por um perigo específico. Incluem-se neste processo fatores físicos, relacionados às características da ocupação, à resistência de construções e às proteções decorrentes da existência de infraestrutura, e também fatores humanos, relacionados aos aspectos econômicos, sociais, políticos, técnicos, ideológicos, culturais, educacionais, ecológicos e institucionais.

Os atributos considerados como **fatores de vulnerabilidade** foram: Modo de Ocupação (UP2); Estágio de Ocupação (UP6); Modelo de Ocupação (UP11); Padrão das Edificações (UP14); Esgotamento Sanitário (IE1); Abastecimento de Água (IE2); Destinação do Lixo (IE3); Tratamento do Sistema Viário (IE4); Instrução (SE4) e Renda (SE5) (Rossini-Penteado et al. 2007a e 2007b).

O **Índice de Vulnerabilidade do Elemento em Risco** (pessoas, bens e propriedades) para cada unidade de uso urbano foi obtido conforme equação abaixo:

$$\text{IVER} = (\text{UP2} + \text{UP6} + \text{UP11} + \text{UP14} + \text{IE1} + \text{IE2} + \text{IE3} + \text{IE4} + \text{SE4} + \text{SE5}) / 10$$

onde, IVER = Índice de Vulnerabilidade do Elemento em Risco, variando entre 0 e 1.

O Dano Potencial, outra variável da equação de risco é diretamente dependente do padrão de uso e ocupação do solo existente, da área a ser afetada e da população (Anbalagan e Singh 1996). A avaliação do dano potencial pode ser realizada, de forma específica, para pessoas e para bens e propriedades. Neste trabalho apresenta-se a avaliação de dano potencial a pessoas, estimando-se o **Índice de Dano Potencial a Pessoas** com base nos valores normalizados do Fator Número de Habitantes no Setor (SE2) (Rossini-Penteado et al. 2007a e 2007b).

$$\text{IDPP} = \text{SE2} \quad \text{onde, IDPP} = \text{Índice de Dano Potencial a Pessoas, variando entre 0 e 1.}$$

4. Avaliação do risco - Estimativa do Índice de Risco a Pessoas.

Após a definição dos índices de Perigo, de Vulnerabilidade e de Dano Potencial, foi

obtido o **Índice de Risco a Pessoas**, com base na equação abaixo (como já citado, avaliou-se aqui somente as pessoas como elemento em risco).

IRISp = IPe x IVER x IDPP onde, IRISp = Índice de Risco a Pessoas, variando entre 0 e 1; IPe = Índice de Perigo a Escorregamentos, variando de 0 a 1; IVER = Índice de Vulnerabilidade do Elemento em Risco, variando entre 0 e 1; IDPP = Índice de Dano Potencial a Pessoas, variando entre 0 e 1.

5. Cartografia Final

Para a geração das cartas temáticas de Perigos e de Risco, as Unidades de Paisagem foram classificadas quanto ao grau de perigo e de risco determinados, respectivamente, pelos índices **IPe** e **IRISp**. Para a definição das classes de cada produto temático, os valores numéricos (índices) obtidos foram agrupados pelo método *natural break* do *ArcMap 9.2*, gerando-se 5 classes (Tabelas 1 e 2). Os valores próximos de zero, correspondentes às Unidades de Paisagem localizadas na Planície Litorânea, foram agrupados manualmente e indicados como “não classificados”, pois estas unidades, como ressaltado anteriormente, não apresentam potencial de desenvolver processos de escorregamentos.

Tabela 1 – Classes de perigo de escorregamentos

| Classes de Perigo | Índice (intervalo de valores) |
|-------------------|----------------------------------|
| Não classificado | < 0,1154 |
| Baixo | 0,1154 – 0,2815 |
| Médio | 0,2815 – 0,3857 |
| Alto | 0,3857 – 0,5101 |
| Muito Alto | 0,5101 – 0,6903 |

Tabela 2 – Classes de risco a escorregamentos

| Classes de Risco a Pessoas | Índice (intervalo de valores) |
|----------------------------|----------------------------------|
| Não classificado | < 0,0001 |
| Baixo | 0,0001 – 0,0024 |
| Médio | 0,0024 – 0,0057 |
| Alto | 0,0057 – 0,0132 |
| Muito Alto | 0,0132 – 0,0241 |

RESULTADOS

1) Carta de Perigo de Escorregamentos

A carta de perigo obtida representa os diferentes graus de perigo, indicativos da probabilidade espacial e temporal de ocorrência de escorregamentos (Figura 2). As classes definidas

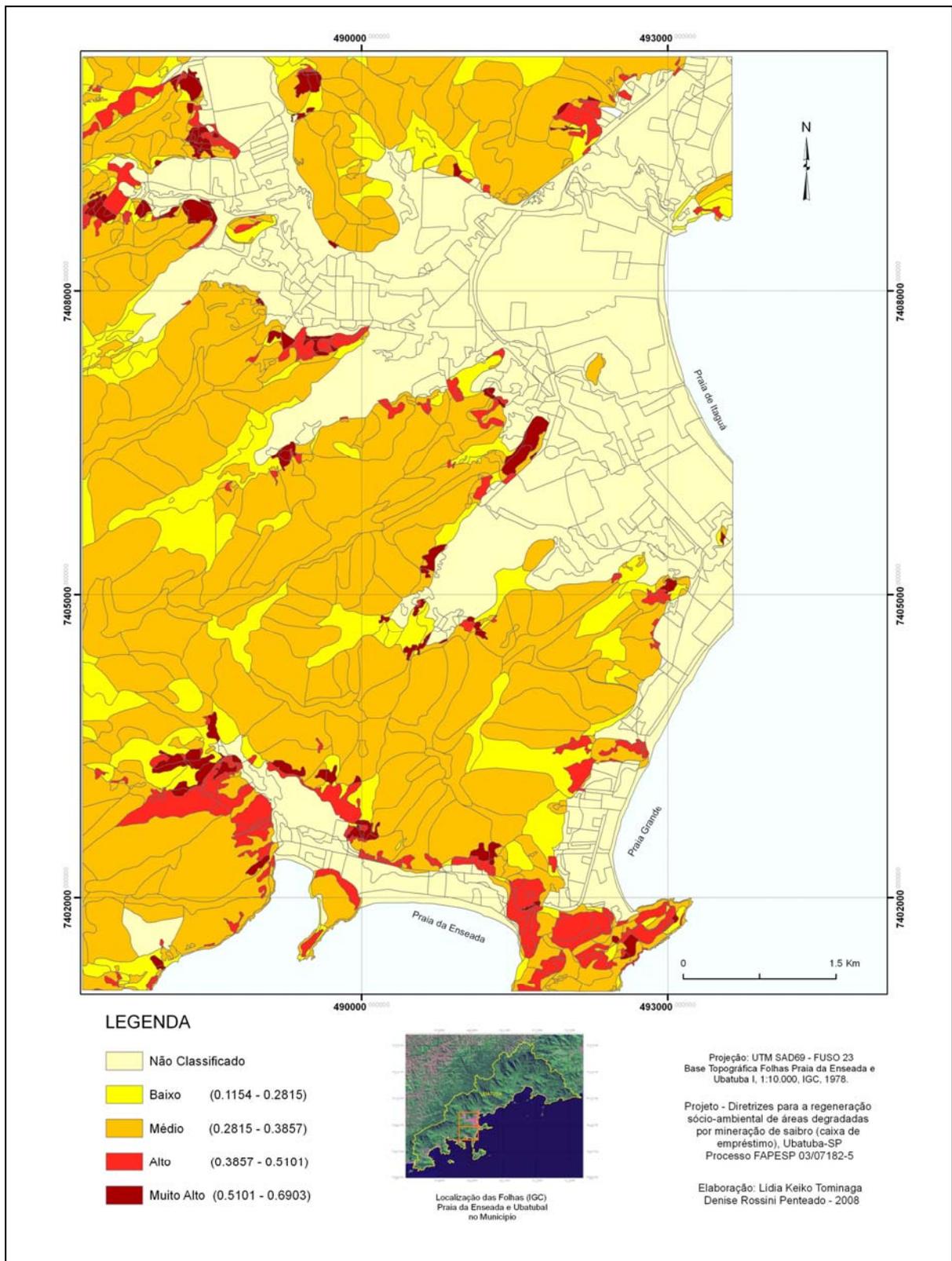


Figura 2 – Carta de Perigo de Escorregamento.

foram: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto (Tabela 3). A análise quantitativa dos resultados permitiu estimar a área ocupada por cada classe de perigo mapeada (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantificação das classes de Perigo

| Classes de Perigo | Área (em Km ²) | Área (em %) |
|-------------------|----------------------------|-------------|
| Baixo | 5,0558 | 15 |
| Médio | 25,1348 | 75 |
| Alto | 2,3961 | 7 |
| Muito Alto | 0,9611 | 3 |
| Total | 33,5478 | 100 |

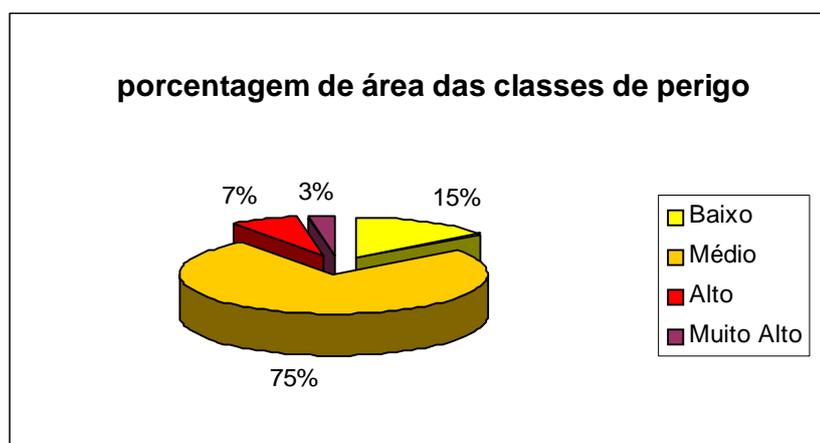


Gráfico 1 - Porcentagem de área ocupada pelas classes de perigo.

2) Carta de Risco a Pessoas

Para a avaliação de risco a pessoas foram consideradas as Unidades de Paisagem localizadas em vertentes que apresentam uso urbano do solo. Esta carta expressa os níveis de danos a pessoas que um escorregamento pode provocar. Tais unidades foram classificadas quanto ao Índice de Risco a Pessoas em 4 classes: Baixa, Média, Alta e Muito Alta (Figura 3). Na Tabela 4 verifica-se a área total ocupada por cada classe.

Tabela 4 – Quantificação das classes de Risco a Pessoas.

| Classes de Risco a Pessoas | Área (em km ²) | Área (em %) |
|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Baixo | 0,8685 | 54 |
| Médio | 0,2622 | 16 |
| Alto | 0,3189 | 20 |
| Muito Alto | 0,1688 | 10 |
| Total | 1,6183 | 100 |

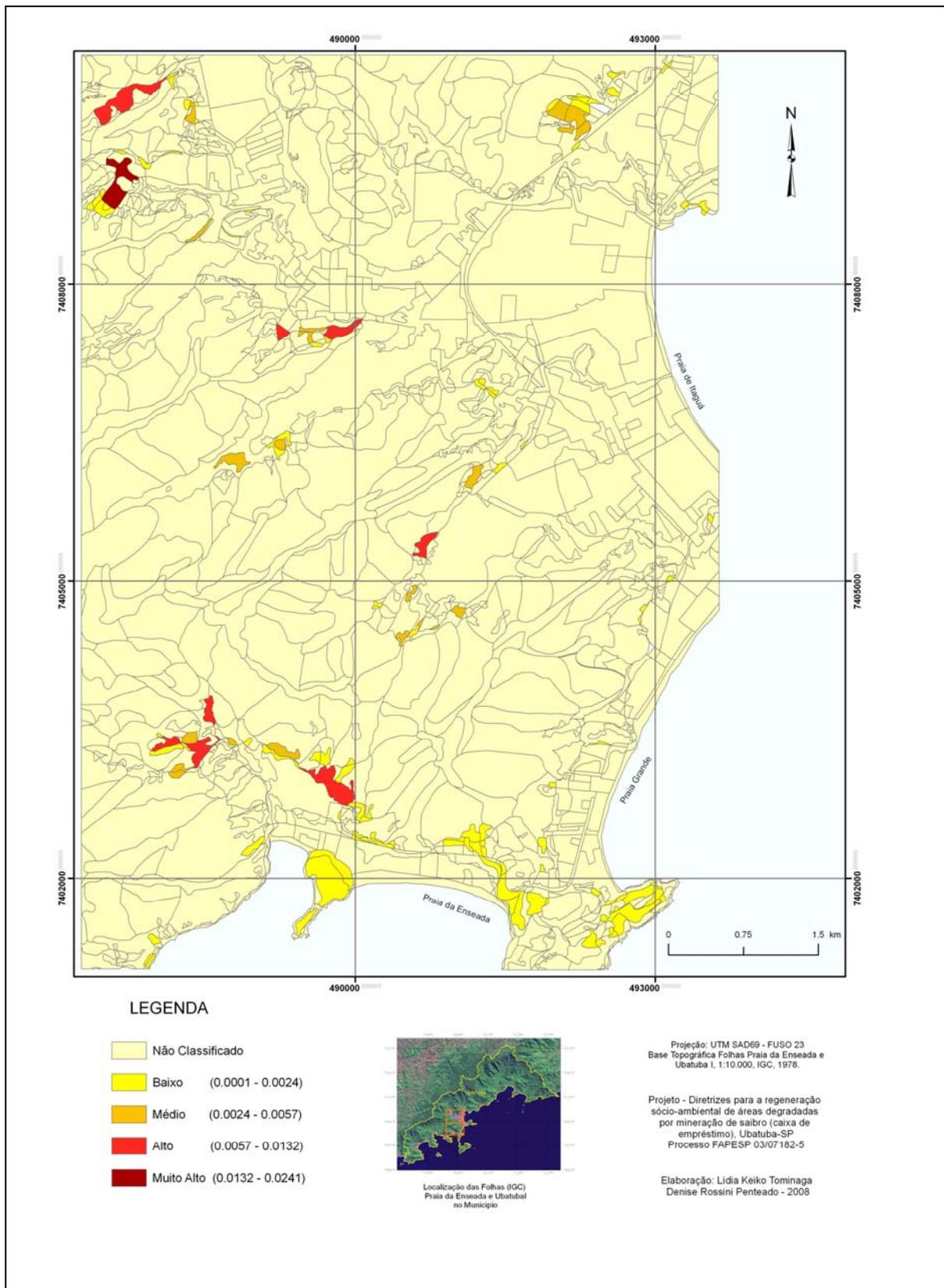


Figura 3 – Carta de Risco a Pessoas associado a Escorregamentos.

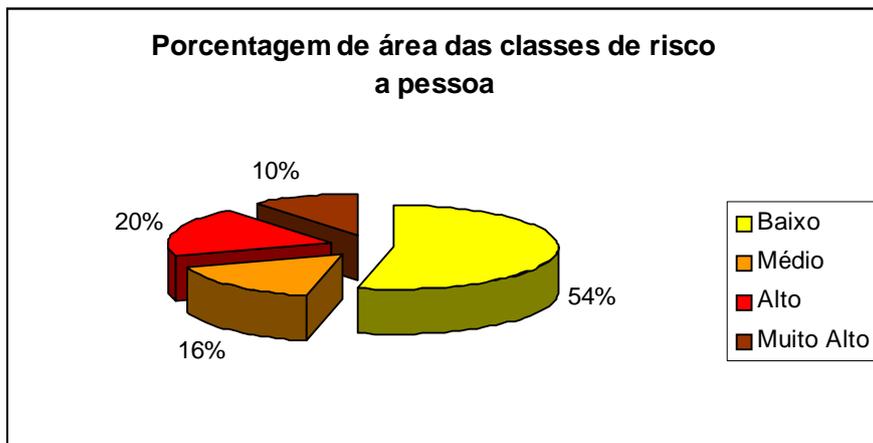


Gráfico 2 - Porcentagem de área ocupada pelas classes de risco a pessoas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da abordagem metodológica de análise de risco apresentada neste trabalho permite as seguintes considerações:

- A compartimentação de terreno em unidades de paisagem possibilitou a integração das informações do meio físico, do uso e ocupação do solo urbano e da vegetação em um mesmo plano de informação, com seus respectivos atributos compondo uma mesma tabela de dados. Este procedimento facilitou a análise de risco;
- Os procedimentos de mapeamento do uso e ocupação do solo adotados neste estudo permitiram identificar unidades cujos atributos foram definidos considerando-se as características da ocupação que interferem ou induzem a ocorrência de processos de escorregamentos. Além disso, as informações sobre uso e ocupação do solo consideradas permitiram definir diferentes níveis de vulnerabilidade e de danos do elemento em risco (pessoas) frente à ocorrência destes processos;
- A atribuição aos fatores qualitativos de valores ponderados entre 0 e 1, proporcionais ao seu grau de influência no desencadeamento dos processos e a normalização dos atributos quantitativos dentro deste mesmo intervalo, facilitou a operacionalização das análises permitindo contemplar fatores múltiplos e diferenciados;
- A análise de risco a escorregamentos indica as situações de conflitos quanto ao uso e ocupação do solo, bem como as áreas críticas quanto ao risco à população, apontando ao gestor público as prioridades para a intervenção. Estas informações constituem subsídios importantes aos

instrumentos de planejamento e gerenciamento ambiental, à fiscalização e às ações de intervenção, mitigação, recuperação e revalorização dos espaços geográficos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPESP para o desenvolvimento do presente estudo (processo 2003/07182-5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBALAGAN, R.; SINGH, B. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains – a case study from Kumaun Himalaya, India. *Engineering Geology*, n.43, p.237-246, 1996.

AUGUSTO FILHO, O. *Carta de risco de escorregamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba, SP*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP), Rio Claro, 2001. 196p.

CÂMARA, G; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. 1996. SPRING: Integrating remotesensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 3, n.20, p.395-403, May-Jun 1996.

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. (Org). *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

EINSTEIN, H.H. *Landslides risk assessment procedure*. In: *International Symposium on Landslides*, 4, Lausanne, 1987.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. São Paulo: 2ª ed. Edgard Blücher, . 1984. 194p.

KURKDJIAN, M.L.N.O. *Um método para a identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano*. 1989. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

LARSEN, M. C.; TORREZ-SÁNCHEZ, A. J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico. *Geomorphology*, v.24 , n.4, p 309-331. 1998.

ONU. *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça, 2004. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C.J.; GIBERTI, P.P.C. Mapeamento do uso e ocupação do solo urbano aplicado à análise de risco (escala 1:10.000). In: FERREIRA CJ [coord]. 2007. *Diretrizes para a regeneração socioambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo), Ubatuba, SP*. Relatório Técnico 3, FAPESP (processo FAPESP 03/07182-5), inédito, 2007a.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C.J.; GIBERTI, P.P.C. *Quantificação da vulnerabilidade e dano aplicados ao mapeamento e análise de risco, escala 1:10.000, Ubatuba-SP*. In: *Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos*, 2, Santos-SP.

Anais... Santos: ABGE, 2007b. (CD-ROM).

SAATY, T. L.. *A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures*. *Journal of Mathematical Psychology* 15/3, p. 234-281. 1978.

SANTORO, J. Carta de Inventário de Eventos de Movimentos de Massa. In: SOUZA, C.R. de G. (coord.). 2003. Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro – SIIGAL: FASE II. Projeto de Pesquisa. FAPESP (Proc. 1998/14.277-2), Relatório Científico, 2003.

SOETERS, R.; VAN WESTEN, C. J. Slope stability recognition, analysis and zonation. In: Turner A. K. Shuster, R. IL. (eds) *Landslides : investigation and mitigation*. Transportation Research Board, National Research Council, special Report 247, p. 129-177, 1996.

TATIZANA, C.; OGURA, A. T.; CERRI, L.E. DA S.; ROCHA, M.C.M. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos na Serra do Mar, Município de Cubatão. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, 1987, São Paulo. *Anais...*, São Paulo: ABGE, vol. 2, p 225-236., 1987.

TAVARES, R.; SANT'ANA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J.T.G.; PRESSINOTTI, M. M. N.; SANTORO, J. Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associadas aos movimentos de massa no Litoral Norte paulista. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1, 2004. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2004, p.680-696. (CD-Rom).

TOMINAGA, L.; FERREIRA, C.J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J.; SOUZA, C.R. de G. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: PEJON, O.; ZUQUETTE, L. eds. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos. 2004, p. 205-216.

TOMINAGA, L.K. *Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP*. Tese de Doutorado em Geografia Física, Departamento de Geografia, FFLCH – USP. São Paulo, 2007. 220 p.

VARNES, D.J. *Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice*. UNESCO Press, Paris. 56 p. 1984.

VEDOVELLO, R.. *Zoneamentos Geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação - UBCs*. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, IGCE/UNESP, Rio Claro, 154p., 2000.