

Proposta metodológica para identificação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana. Estudo de caso: Campos do Jordão, SP.

Ieda Maria Vieira ⁽¹⁾
Marcos Leandro Kazmierczak ⁽²⁾
Flávio José Nery Conde Malta ⁽¹⁾

⁽¹⁾Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, Brasil
iedam_vieira@uol.com.br; flaviomalta@terra.com.br

⁽²⁾Especialista GIS Sênior, MLK Processamento de Dados, São José dos Campos, SP, Brasil
mleandro@hotmail.com

Abstract. Hundreds of unsheltered people; fatal victims; high costs with population rearrangement and urban restructuring. The growing number of episodes related to mass movements in urbanized areas, and the extension of the current problems has been motivating professionals such as urban planners, geologists, meteorologists and GIS technicians, to ally specific and multidisciplinary knowledge, selecting the most important variables to quickly produce a risk map with accurate results, for decision making and mass movements' forecast and control. This paper presents a new method of Remote Sensing and GIS integration applied to identification of critical risk areas through the integration of physical and socio economical relevant variables to the mass movement process. The comparative analysis with previous geotechnical results shown that the methodology really works and can supply information using simple and accessible data.

Palavras-chave: remote sensing, geoprocessing, urban planning, mass movements, risk maps, sensoriamento remoto, geoprocessamento, planejamento urbano, movimentos de massa, mapas de risco.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente o ajustamento do homem às condições do meio ambiente tem sido uma relação de conflito e harmonia. Durante muitos séculos tais condições se mantiveram dentro dos limites sem causar impacto ambiental significativo, pelo menos até o período da Revolução Industrial.

Sabemos, entretanto, que décadas e décadas de ações nocivas ao meio ambiente mascaradas pelo tão aclamado desenvolvimento e progresso (pós revolução industrial), veio causando, gradativamente o atual panorama, que bem pode ser chamado, de catastrófico, das cidades brasileiras.

Verifica-se que a crise ambiental de nosso país, que conta com ampla diversidade e extensão de problemas e desastres ambientais urbanos, é consequente de um padrão cultural de descaso às questões ambientais que remontam mais de 30 anos, de ações nocivas. Gradativamente as práticas abusivas de uso do solo e a exploração irracional de nossos recursos naturais motivadas pelo falso julgamento da “inesgotabilidade dos recursos naturais” deu origem ao atual panorama pouco favorável das cidades brasileiras.

Como principal agravante da baixíssima qualidade de vida de maior parte da população, destacam-se os problemas urbanos. Tais problemas são tantos que corremos facilmente o risco de desviarmos da temática principal do presente trabalho, qual seja: movimentos de massa de áreas com ocupação urbana.

Como resultado das já citadas práticas abusivas de uso do solo e da carência de habitações para população de baixa renda, encontramos assentados habitacionais clandestinos (construídos mediante a ausência de critérios técnicos) em encostas de morros e montanhas de alta declividade.

As características físicas e de suporte dessas encostas, aliada ao padrão de ocupação assentado sobre a mesma, e as fortes e intensas chuvas de verão em nosso país, tem provocado a ocorrência de grande número de movimentos de massa, que deixam como conseqüência vítimas fatais, dezenas ou centenas de pessoas desabrigadas, aliada à triste constatação de que todos os esforços desempenhados por órgãos de pesquisa como institutos e universidades não são suficientes para preservar a população desses trágicos episódios.

Segundo Fernandes e Amaral (2003) torna-se fundamental a compreensão dos movimentos de massa, pois sem o conhecimento de sua forma e extensão, bem como das causas dos deslizamentos não se pode estabelecer medidas de prevenção e corretivas apropriadas que implique em maior segurança para a população.

Cunha e Guerra (2003) destacam que os condicionantes naturais aliados ao manejo inadequado acelera o processo de degradação ambiental gerando os impactos e desastres ambientais urbanos. Chuvas intensas e concentradas, encostas íngremes desprotegidas de vegetação, assentamentos urbanos clandestinos em encostas de alta declividade, descontinuidades litológicas e pedológicas são algumas das condições que podem acelerar os processos erosivos e conseqüentemente os movimentos de massa.

Obviamente que as características geomorfológicas (topografia e declividade), geológicas (lineamentos, fraturas) e pedológicas (tipo do solo) do solo são determinantes da capacidade de suporte do solo aos diversos tipos de ocupação e obras de engenharia. Entretanto, mesmo uma encosta de alta declividade com características geotécnicas ótimas não suportariam assentamentos caracterizados por obras de terraplanagem e habitacionais que negligenciam critérios técnicos construtivos compatíveis ao meio físico.

Os problemas de gestão relacionados à tais problemas podem ser assim classificados:

- Problemas técnicos: ausência de documentos técnico – científicos elaborados com custo e prazo eficazes;
- Gestão Política: ausência de um modelo de gestão eficaz que permita a implantação efetiva e em tempo hábil das medidas de prevenção e de controle dos problemas e desastres.

Devido à ausência de um critério rigoroso que priorize a execução das obras públicas emergenciais, e à fiscalização precária das diretrizes de uso e ocupação do solo, os problemas sociais e habitacionais tomam vulto, galopando à frente da ausência de medidas eficazes de controle, aumentando a distância existente entre o problema e sua respectiva solução.

A nova realidade tecnológica permite que informações se dissipem em velocidade astronômica, tornando-se aliada de um novo modelo de gestão que pressupõe cooperação e participação da população, permitindo a divulgação das informações (problemas; soluções; papéis dos agentes envolvidos; cumprimento e descumprimento de medidas), à toda sociedade civil e especialmente à população residente das áreas de risco.

Com base nos estudos efetuados sobre as causas e extensão dos movimentos de massa ocorrentes nas cidades brasileiras podemos classificar seus condicionantes em dois grandes grupos:

- Condicionantes Naturais: são as características físicas naturais das áreas que sofrem os movimentos de massa, como por exemplo: características geomorfológicas (relevo, topografia, declividade), características geológicas, pedológicas e geotécnicas. Tais características determinam a capacidade de suporte do solo aos diversos tipos de uso e ocupação. Características climáticas: ocorrências de chuvas. Regiões serranas de clima tropical e sub tropical favorecem a ocorrência de intensas chuvas, especialmente na estação de verão.

- Condicionantes Antrópicos: são determinados principalmente pelo padrão de uso e ocupação do solo. Encostas desmatadas; obras de terraplanagem que geram depósitos de terra (aterro) com estabilidade precária; habitações populares oriundas de assentamentos clandestinos, construídas sem procedimentos técnicos adequados, e compatíveis com o meio; grandes assentamentos irregulares desprovidos de obras de infra estrutura urbana básica, tais como: rede de drenagem de águas pluviais, rede coletora de esgotos e pavimentação adequada, entre outros. A ausência de padrões urbanísticos, tal como desenho urbano de ruas, quadras e lotes compatível com o relevo.

Assim dentre as causas indutoras da ocorrência do fenômeno dos movimentos de massa em áreas urbanas destacam-se problemas sócio-econômicos e urbanísticos: especulação imobiliária, carência habitacional, grande demanda por obras de infra estrutura básica (obras de drenagem, rede coletora de esgoto, pavimentação), ausência de critérios técnicos para execução de obras de terraplanagem (corte e aterro) e construção de habitações precárias em encostas de alta declividade, entre outros.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

Estabelecer uma metodologia ágil para determinação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas urbanas, com base na integração de variáveis / condicionantes do processo, a partir de um Sistema de Informações Geográficas.

- Tais variáveis são selecionadas com base em sua relevância diante do processo de movimentos de massa em áreas urbanas, e são definidas em variáveis físicas e antrópicas.
- Com relação às variáveis antrópicas podemos citar como um dos principais indutores do fenômeno os padrões dos assentamentos urbanos definidos através do uso do solo, características construtivas das edificações, inexistência de infra estrutura urbana, proximidade dos assentamentos com redes de drenagem, desenho urbano, entre outras variáveis.
- Muitas dessas características e padrões podem ser identificadas através da análise de dados sócio-econômicos do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e também extraídos através da interpretação visual de produtos de sensoriamento remoto de alta resolução espacial.

A agilidade da aplicação do método para áreas de ocupação urbana, visa a imposição de medidas de previsão e controle dos movimentos de massa permitindo a adoção de medidas preventivas para que se evite a ocorrência de desastres e catástrofes urbanas que ponha em risco a população residente.

A presente metodologia será testada na área teste de Campos do Jordão tendo em vista a ocorrência freqüente de movimentos de massa, além do município ter disponível uma Carta de Risco elaborada pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas o que permite a comparação dos resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia ora apresentada.

3. ÁREA PILOTO: CAMPOS DO JORDÃO

O município de Campos do Jordão esta situado no estado de São Paulo, na latitude 22° 43' 44" S e longitude 45° 35' 30" ° Assenta-se na Serra da Mantiqueira, na zona leste do estado,

entre o triângulo formado pelos principais pólos urbanos do país: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Dista 141 km da cidade de São Paulo e 275 km. do Rio de Janeiro.

O município de Campos do Jordão foi escolhido para testar a significância da presente metodologia tendo em vista a conhecida ocorrência dos episódios de movimentos de massa em encostas ocupadas por assentamentos habitacionais precários, durante a ocorrência de fortes e intensas chuvas de verão.

Os problemas de demanda por habitações populares para população local agravado pela indústria do turismo, especulação imobiliária, e migração de mão de obra para suprir as carências econômicas locais tem motivado o surgimento de assentamentos habitacionais clandestinos, deficientes de padrões urbanísticos e de obras de infra estrutura urbana.

A situação retratada acima, que define um padrão sócio-espacial de ocupação urbana habitacional, aliada às condições do meio: áreas de topografia acidentada com encostas de alta declividade, presença de redes de drenagem entre outras características faz de Campos do Jordão um município com as características necessárias à aplicação da presente metodologia.

4. METODOLOGIA

4.1. Entrada de Dados do Meio Físico

Os dados digitais relativos aos temas de rede de drenagem, malha viária, altimetria e outros temas foram inseridos no Sistema de Informações Geográficas.

4.2. Entrada de Dados Sócioeconômicos

Tendo em vista a relação de variáveis socioeconômicas pré existentes através dos dados censitários do ano 2000 (levantados pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) com os padrões de assentamentos urbanos precários da área de estudo (em locais de prévia ocorrência de episódios de movimento de massa), tais dados foram integrados ao modelo ora proposto. Os dados do Censo têm como unidade de trabalho o setor censitário, que compreende uma média de 250 domicílios em cada setor, e os 67 setores censitários da área urbana de Campos do Jordão podem ser observados na **Figura 1**.



Figura 1. Limites dos Setores Censitários.

4.3. Análise da Imagem Landsat

A partir de uma imagem de satélite Landsat-7, de 2003, bandas 3-4-5, com resolução espacial de 15 metros, foi realizada uma classificação visando extrair a área efetivamente urbanizada, diferenciando-se os diferentes padrões de ocupação (**Figura 2**): Adensamento Urbano (cinza-escuro), Área Urbanizada (cinza-claro), Parques (verde-claro), Florestas (verde-escuro), Áreas Abertas (Amarelo) e Agricultura (Laranja).

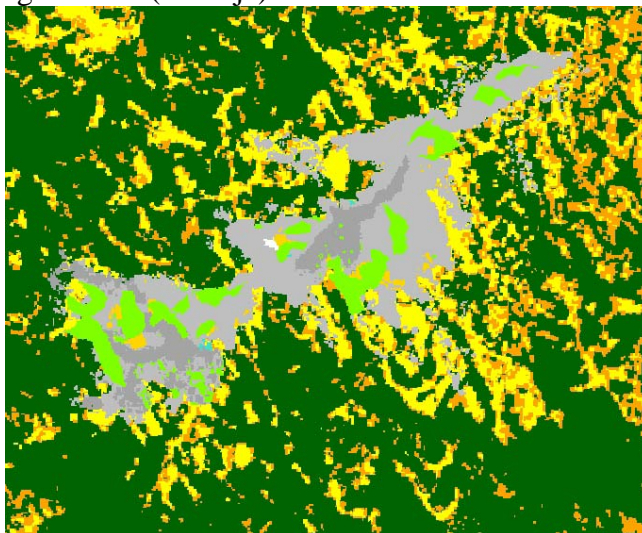


Figura 2. Imagem TM/Landsat classificada.

4.4. Geração da Declividade

A partir dos dados de altimetria, com equidistância de 5 metros (dados originais 1:10.000), foram geradas 4 classes de declividade :0° a 15°, 15° a 25°, 25° a 45° e superior a 45°.

4.5. Análise dos Padrões Socioeconômicos dos Setores Censitários

Foram analisadas as informações sobre a caracterização socioeconômica destes setores, sendo possível extrair elementos que nortearam a definição de padrões quanto ao perfil da infraestrutura urbana e da população residente em cada setor censitário. Estes padrões foram associados às formas de ocupação urbana, as quais, devido a características específicas, tais como padrão habitacional e existência (ou não) de infra-estrutura, constituem-se num dos condicionantes do fenômeno de movimento de massa.

4.6. Definição das Áreas Críticas

Foram gerados os *buffers* de delimitação de áreas críticas, considerando-se o limite da área efetivamente urbanizada (extraída da imagem de satélite) e das redes de drenagem. Em ambos os casos, foram adotados um valor padrão de 100 metros. Este procedimento foi adotado tendo em vista a evidência de que os processos de movimento de massa estão altamente associados à proximidade da rede de drenagem.

4.7. Processamento dos Dados de Socioeconomia

Para definição dos pesos relativos a cada variável, foram selecionadas, dentre as 520 variáveis levantadas pelo IBGE, um total de 34, entre elas: Total de Domicílios, Número de Apartamentos (Verticalização), Número de Imóveis Próprios e Alugados, Número de Imóveis Com Acesso à Rede de Água/Com Banheiro/Com Coleta de Lixo, Número Total de Pessoas Alfabetizadas, Número Total de Habitantes, Número de Pessoas Responsáveis pelo Domicílio (Chefes de Família) Com Primeiro Grau Completo/Com Segundo Grau completo/Com Nível

Superior (Universidade) completo, Faixas de Renda dos Chefes de Família (Sem Renda, até 0,5, de 0,5 a 1, de 1 a 2, de 2 a 3, de 3 a 5, de 5 a 10, de 10 a 15, de 15 a 20 e acima de 20 salários mínimos, Percentual da População das Classes A, B, C, D e E, e a Classe Predominante no Setor.

Para geração destes pesos, foram realizadas análises estatísticas, sendo calculadas as estatísticas básicas (média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo e amplitude) para estabelecimento dos intervalos de classe. Foi estabelecido um valor padrão de 5 classes para cada uma das variáveis (muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto), considerando-se o valor total da amplitude dividido por 5. Desta forma, para cada variável foram estabelecidos limites de classe, cujos valores, ordenados em ordem decrescente, permitiram a associação de um peso individual, variando de 1 (classe definida como “muito baixo”) a 5 (classe definida como “muito alto”). Os dados foram processados, gerando-se um valor final para cada setor censitário.

4.8. Geração do Mapa de Risco

Considerando-se as premissas adotadas na revisão de literatura, relativas aos condicionantes naturais e antrópicos, de que os movimentos de massa apresentam estreita relação com elementos indicadores como alta declividade, uso do solo, proximidade de encostas e da rede de drenagem, e que seria possível identificá-las pelo uso de elementos sócio-econômicos, entre outros, as áreas obtidas anteriormente foram cruzadas, resultando em polígonos de área de risco com a mesma caracterização de 5 classes utilizadas para a definição dos pesos individuais de cada variável.

5. RESULTADOS

O Mapa de Risco elaborado pelo IPT (IPT, 2002) é apresentado na **Figura 3**, onde deve ser considerada a seguinte legenda: Risco Alto (vermelho), Risco Moderado (azul) e Risco Baixo (verde).

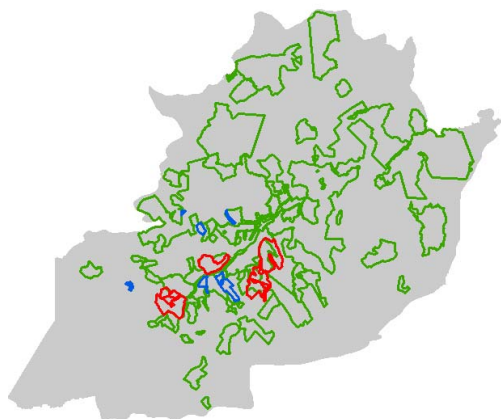


Figura 3. Áreas de Risco do IPT.

A **Figura 4** apresenta o mapa de risco gerado a partir da aplicação da presente metodologia. Na **Figura 5** tem-se o comparativo entre as áreas de risco identificadas pelo IPT e por esta metodologia. Pode-se observar que há uma coerência entre estes resultados, atingindo-se desta forma o objetivo inicial, qual seja, o de gerar informações relativas sobre a definição de áreas de risco de movimentos de massa com dados facilmente disponíveis e com a rapidez requerida.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pelas duas metodologias. (*) representa que as classes em questão não foram consideradas em 2002 pelo IPT.

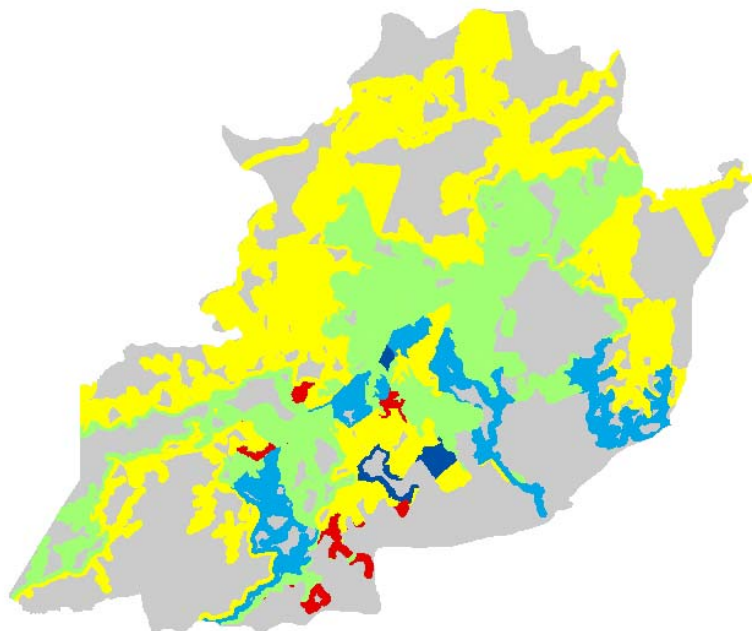


Figura 4. Mapa de Risco: Risco Muito Alto (vermelho), Alto (Amarelo), Moderado (verde), Baixo (azul-claro) e Muito Baixo (azul-escuro).

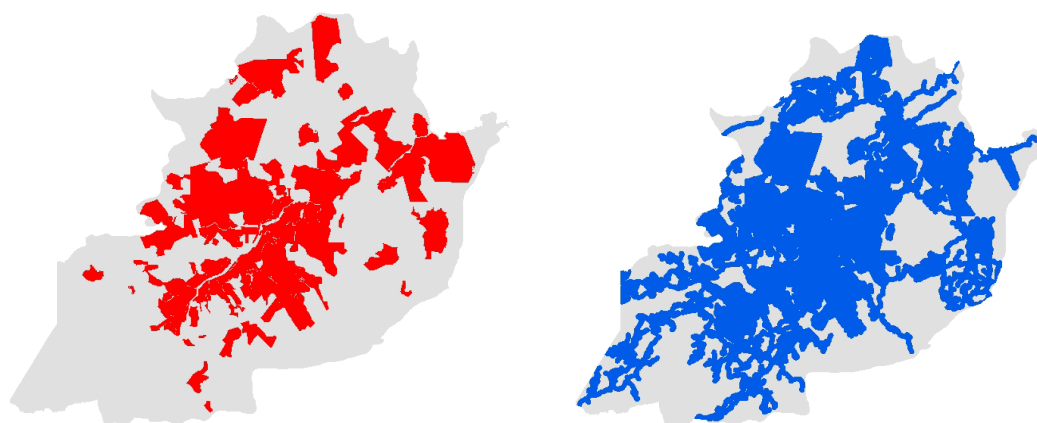


Figura 5. Mapa de Risco do IPT (esquerda) e Mapa de Risco desta metodologia (direita).

Tabela 2. Resultados de Área de Risco do IPT (2002).

Classe de Risco	IPT (2002)		Nova Proposta (2004)	
	Área Total (Km2)	%	Área Total (Km2)	%
Risco Muito Alto	(*)		1,6538	0,59
Risco Alto	2,8469	1,01	51,1445	18,19
Risco Moderado	0,6207	0,22	32,7831	11,66

Risco Baixo	49,2268	17,51	9,9975	3,56
Risco Muito Baixo	(*)		1,2080	0,43
Sem Risco	228,4355	81,26	184,3429	65,57
Total	281,1298	100,00	281,1298	100,00

6. CONCLUSÕES

Através do desenvolvimento deste trabalho, pode-se destacar as seguintes considerações:

A Metodologia SIG aplicada para geração de mapas de risco de movimento de massa em áreas urbanizadas mostrou-se eficiente devido à relevância das variáveis selecionadas para compor o modelo.

Esta metodologia pode ser refinada através da disponibilidade de imagens atualizadas de alta resolução espacial, permitindo a identificação dos diferentes padrões de assentamentos habitacionais, os quais possuem relação direta com o risco de ocorrência de movimentos de massa.

A disponibilidade de mapas de infra-estrutura urbana, de solos e de geotecnia poderá representar uma melhoria significativa aos resultados inicialmente obtidos, refinando o modelo ora proposto.

O modelo foi considerado eficiente para prover informações rápidas e precisas para o processo de tomada de decisão.

Comparando-se os resultados deste trabalho com aqueles obtidos pelo IPT, pode-se verificar que de acordo com o IPT existem 18,74% da área urbana com algum tipo de risco, contra 34,43% encontrados no presente trabalho. Esta diferença deve-se ao fato de que esta metodologia considera que a ocorrência de padrões verificados pelo IPT extrapola as áreas identificadas, ocorrendo também em outras áreas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. (2003). Degradação Ambiental. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Páginas 337-379. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2003. 372 p.

Fernandes, N.F. & Amaral, C.P (2003). Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Páginas 123-186. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2003. 372p.

IPT (2002). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Assessoria Técnica para a Estabilização de Encostas, Recuperação da Infra-estrutura Urbana e Reurbanização das Áreas de Risco Atingidas por Escorregamentos na Área Urbana do Município de Campos do Jordão, SP. **Relatório Técnico 64.399**, São Paulo, 2002.