

---

## ANÁLISE MULTI-CRITÉRIO (MCE) APLICADA AO MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSAS NA ÁREA URBANA DE VIÇOSA-MG

PAULO RICARDO CORRÊA CAIXETA<sup>1</sup>  
DANIEL FERNANDES NOVAES PIMENTA<sup>1</sup>  
RAQUEL VIEIRA DO AMARAL<sup>1</sup>  
CARLOS ERNESTO SCHAEFER<sup>2</sup>

Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE<sup>1</sup>  
Departamento de Engenharia Civil, Viçosa, MG<sup>1</sup>  
Centro de Ciências Agrárias – CCA<sup>2</sup>  
Departamento de Solos, Viçosa, MG<sup>2</sup>

paulo.caixeta@ufv.br; {pimenta.ambiental, raquel.amaral}@gmail.com; reyschaefer@yahoo.com.br

---

**RESUMO** – O crescimento urbano oriundo de processos carentes de recursos técnicos, políticas públicas institucionais e planejamento de longo prazo, originam um cenário de habitações inadequadas em áreas de fragilidade ambiental – como as áreas de encostas potencialmente deslizantes. Neste contexto encontra-se a cidade de Viçosa – MG, na qual se predominam feições montanhosas e a ocupação urbana irregular. O presente trabalho tem como objetivo mapear e quantificar as áreas de susceptibilidade a movimentos de massa, estimar o número de famílias nessas áreas e embasar tomadas de decisão no planejamento e gestão do município. Baseia-se na análise simultânea de três fatores: a declividade, o tipo de solo e a cobertura do solo. Ponderando estes fatores, realizou-se uma análise multicritério pelo modelo MCE (Multi Criteria Evaluation) do software IDRISI Andes. A classe de susceptibilidade média é a que apresentou maior porcentagem, ocupando aproximadamente 39% desta. A segunda classe de maior porcentagem foi a de susceptibilidade nula, em consequência da ocupação de planícies e vales com baixas declividades, com aproximadamente 34%. Por último, seguem as classes de susceptibilidade baixa e de susceptibilidade alta, com frequências de ocorrência iguais a 24% e 2,7%, respectivamente.

**ABSTRACT** – Urban growth coming from resource-poor technical processes, polices and institutional long-term planning, a rise scenario of inadequate housing in areas of environmental fragility - as areas of potentially sliding slopes. In this context is the city of Viçosa - MG, in which is predominant features of the mountainous and irregular urban occupation. This paper aims to map and quantify the areas of susceptibility to mass movements, estimate the number of families in these areas and to base decision-making in planning and management of the municipality. It is based on simultaneous analysis of three factors: slope, soil type and soil cover. Considering these factors, a multi-criteria analysis was made by model MCE (Multi Criteria Evaluation), in software IDRISI Andes. The class of average susceptibility has the highest percentage, occupying approximately 39% of this. The second class with the highest percentage of susceptibility was the null, as a result of occupation of the plains and valleys and low slopes, occupying approximately 34%. Finally, the following classes of low susceptibility and high susceptibility, with frequencies of occurrence equal to 24% and 2.7% respectively.

---

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil adentrou o século XXI sendo caracterizado como um país predominantemente urbano. Em 2000 a população urbana ultrapassou os 2/3 da população total (IBGE, 2000), processo de crescimento urbano iniciado na década de 50, associado principalmente ao crescimento econômico da região sudeste e as perspectivas das populações rurais em melhoria das condições de vida, ao transferir-se para as áreas urbanas (MARICATO, 2002). O crescimento urbano das últimas décadas decorreu e ainda decorre, em grande monta, de processos carentes de recursos técnicos,

políticas públicas institucionais e planejamento de longo prazo, originando um cenário de habitações inadequadas em áreas de fragilidade ambiental – como as áreas inundáveis e as encostas potencialmente deslizantes.

No Brasil é frequente a ocorrência de deslizamentos, devido a processos diversificados de erosão, movimentos gravitacionais de massa e as inundações, acarretando prejuízos sociais e econômicos recorrentes e que poderiam, em muitos casos, serem evitados (BAPTISTA, 2005). O conhecimento das dinâmicas da paisagem proporciona a identificação dos padrões de crescimento e das interações socioeconômicas envolvidas nas alterações realizadas pelas ações de expansão urbana, ampliando a capacidade de previsão, a eficiência das medidas de controle e a melhoria da qualidade de vida das populações urbanas (YOUNG E CARMO, 2007).

Diante do cenário supramencionado, o estado promulgou o Estatuto da Cidade, lei federal no 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece no artigo segundo, que a política urbana deve programar e coordenar as ações estruturais e administrativas necessárias para o desenvolvimento das funções sociais da cidade. Uma das diretrizes deste artigo segundo explicita a necessidade de estudos que possibilitem inferências sobre a distribuição espacial das populações, objetivando evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano desordenado. Dessa forma, a utilização das ferramentas de análise espacial do ambiente, como o sensoriamento remoto e as plataformas do Sistema de Informação Geográfica, são recursos indispensáveis para orientar os órgãos públicos na tomada de decisão.

O plano diretor das cidades, obrigatório para as cidades com população superior a 20.000 habitantes, se propõe a definir a função social da cidade e da propriedade, objetivando solucionar os problemas que contribuem para degradação da qualidade de vida dos moradores e afirma a necessidade do estabelecimento de ações que planejem o espaço urbano (BRASIL, 2007).

Neste contexto encontra-se a cidade de Viçosa em Minas Gerais, foco de estudo deste projeto. A predominância das feições montanhosas na cidade e a ocupação urbana dessas áreas são características que potencializam a probabilidade de uma moradia localizar-se em áreas susceptíveis a movimentos de massa. Dessa forma, urge a necessidade de estudos preditivos da situação atual e futura das ocupações urbanas, a fim de se reconhecer e propor soluções que evitem a desordem habitacional.

O presente trabalho tem como objetivos, através da manipulação e análise de dados geográficos, identificar e quantificar as áreas de susceptibilidade ao movimento de massa, bem como estimar o número de famílias em risco e embasar tomadas de decisão no planejamento e gestão do município.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a área urbana do Município de Viçosa-MG, contida na bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu (Figura 1). Localizada na Macro Região da Zona da Mata Mineira, o município possui atualmente 72.200 habitantes, sendo que destes, 67.305 residem na área urbana (IBGE, 2011).

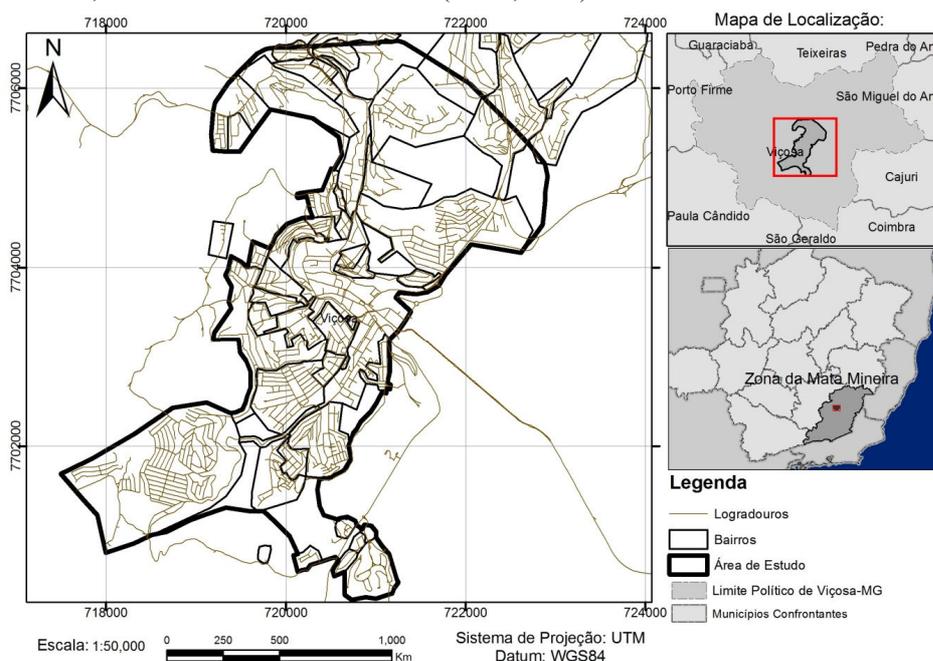


Figura 1 –Localização da Área de Estudo.

Também conhecida por “Cidade Educadora”, Viçosa conta com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), bem como faculdades particulares e cursinhos pré-vestibulares, que atuam como expressivos atrativos populacionais e que contribuíram decisivamente para seu padrão de crescimento acelerado.

Na cidade de Viçosa, fazendo-se um breve retrospecto, pode-se perceber que com a rápida urbanização decorrente da ampliação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na época Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (UREMG), e a implementação da linha ferroviária dentro do centro urbano, ocuparam-se praticamente todos os espaços viáveis para a melhor alocação da malha urbana. O desenvolvimento do comércio local, e a migração de estudantes e profissionais para suprir a necessidade da UFV, reverberaram diretamente nos espaços, anteriormente ocupados por residências de poucos pavimentos, fazendo com que dessem lugar às novas construções modernas e maiores, afetando diretamente a conformação da cidade e a sua estrutura de suporte populacional.

Tal desenvolvimento também trouxe populações da zona rural e de cidades vizinhas, que se instalaram em Viçosa em virtude da demanda pela mão de obra nas novas construções da cidade e da universidade. Com a ocupação dos sítios mais adequados e próximos dos pólos aglutinantes do centro e da Universidade, a migração para as áreas inadequadas das margens dos mananciais e encostas com declives acentuados foi inevitável, já que a crescente população da cidade necessitava de novas áreas a serem ocupadas.

## 2.1 Materiais

- Softwares ESRI ArcGIS 9.3 e IDRISI 15.0 Andes Edition, sendo que, o primeiro foi destinado ao pré-processamento dos dados e à edição final dos mapas e, o segundo, ao processo hierárquico de análise (Analytical Hierarchy Process - AHP) dos dados com vista na escolha das áreas susceptíveis ao deslizamento de massas na área de estudo;
- Curvas de nível com espaçamentos de 5 metros geradas por estereoscopia de pares de imagens de alta resolução do satélite Ikonos II, adquiridas no âmbito do projeto PSA-UFV (Plano de Segurança da Água da Universidade Federal de Viçosa), executado pelo Departamento de Engenharia Civil (DEC) da UFV.
- Para descrição da cobertura do solo, foi utilizada uma imagem digital orbital Ikonos, imageada em 2007, georreferenciada, de resolução espacial alta, em uma composição colorida das bandas: três, dois e um (RGB 321). Esta imagem também foi adquirida com recursos do PSA e cedida pelo DPS/DEC;
- Imagem digital orbital do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite de observação terrestre Landsat 5, imageada no ano de 2010. A cena foi obtida no catálogo gratuito de imagens de satélite disponíveis no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- GPS de navegação Garmin eTrex, com precisão de posicionamento de 10 a 20 metros;
- Histórico de ocorrências relacionadas a deslizamento de massas, notificados ao Departamento de Defesa Civil do Município de Viçosa-MG, em formato analógico (.doc) e orientado por endereço (ruas ou bairro);
- Dados políticos (bairros e logradouros) do Projeto Viçosa Digital – Socioeconomia 2009.

## 2.2 Desenvolvimento da Metodologia

Para avaliação da susceptibilidade a movimentos de massa foram analisados, simultaneamente, três fatores que, conhecidamente, contribuem para o desencadeamento de movimento de massas: a declividade, o tipo de solo e a cobertura do solo; o enfoque dado ao tipo de solo é apenas pedológico, ou seja, não se analisou as estruturas geológicas abaixo do perfil do solo. Estes fatores, juntamente com os critérios restritivos da análise: área de estudo e declividade abaixo de 15%, serviram como dados de entrada para o módulo MCE (Multi Criteria Evaluation) do software IDRISI Andes e, agregados pelos métodos de Combinação Linear Ponderada (WLC) e Média Ponderada Ordenada (OWA), resultaram em cinco cenários de adequabilidades para o deslizamento de massas.

Pela extensão 3D Analyst disponível no software ArcGIS 9.3, gerou-se o modelo TIN (Triangular Irregular Network) com base nas curvas de nível de espaçamento de 5 metros e que, posteriormente, foi transformando em um modelo digital de elevação (MDE) através da conversão do TIN a um modelo do tipo raster.

De posse do modelo digital de elevação, foi gerado o mapa de declividades pela função Surface/Slope, disponível na extensão Spatial Analyst do mesmo sistema.

A análise AHP requer que os fatores tenham escalas padronizadas de adequabilidade, logo, converteu-se o mapa de declividade em uma imagem onde a declividade foi reescalada numa escala de adequabilidade de 0 a 255, de forma linear, pela função Fuzzy do MCE. Ressalva-se que declividades abaixo de 15% foram consideradas como restrições ao deslizamento, portanto, a imagem com o fator declividade (F1) – reescalado – apresenta adequabilidade

baixa (valor 0) em declividade de 15% e cresce linearmente com o aumento da declividade, alcançando valor máximo (255) quando a declividade é máxima.

O mapa de solos foi elaborado por interpretação visual do mapa de declividade e fundamentado em chaves de identificação que relacionam a paisagem (altitude, declividade, geomorfologia, proximidade de córregos, etc...), bem como na experiência do analista e em conhecimentos de campo. O mapa de solos foi subdividido em unidades de mapeamento, sendo estas: Cambissolo Háplico (Cx), de relevo montanhoso e encostas escarpadas; Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo Háplico (LVAd3), de relevo forte ondulado e rampas dissecadas; Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Amarelo (LVAd1), de relevo plano e ondulado de topo; Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Amarelo (LVAd2), de relevo forte ondulado a montanhoso; Argissolo Vermelho-Amarelo + Gleissolo Háplico + Cambissolo Háplico (PVAd1), de planícies fluviais e terraços; Argissolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo Háplico (PVAd2), de rampa. Após classificados os tipos de solos presentes na área de estudo, cada classe foi distribuída em uma escala de 0 (contribuição mínima para deslizamento) a 255 (contribuição máxima para o deslizamento) (Quadro 1). Para tanto, foi utilizado o comando Edit, seguido pelo comando Assing, ambos do software IDRISI 15.0 Andes Edition.

Classe	Peso
Cx	200
LVAd3	180
LVAd2	130
LVAd1	90
PVAd1	40
PVAd2	40

Quadro 1 – Classes de tipos de solos e seus respectivos pesos para análise.

Para confecção das classes de susceptibilidade ao movimento de massa, ponderou-se o mapa de solos de acordo com as características relevantes ao movimento, a partir das unidades de mapeamento apresentadas. A unidade Cx, recebeu o maior valor na ponderação por ser a classe mais susceptível ao movimento de massa, seguido da unidade LVAd3, por esta estar combinada ao Cx. A unidade LVAd2 recebeu a terceira maior pontuação por se encontrar em relevos forte ondulado e encostas dissecadas, devido a diferença de potencial existente entre as partes mais baixas e mais altas dessas áreas, aumentando a propensão ao escorregamento em função das forças da gravidade sobre estas áreas. A última unidade de mapeamento da ordem dos latossolos LVAd1 recebeu a segunda menor pontuação por localizar-se em relevo plano e ondulado de topo. Os argissolos das unidades de mapeamento PVAd1 e PVAd2, receberam a menor pontuação dentre as demais unidades, por se encontrarem em planícies fluviais e encostas coluviais, respectivamente.

De maneira geral os latossolos são bem drenados e profundos, devido à intensa intemperização e sua antiga formação. Apresentam uma grande quantidade de macroporos, proporcionando alta permeabilidade de água mesmo com elevados teores de argila. O cambissolo, por ser um solo raso, apresenta pouca resistência ao escorregamento quando em condições de umidade elevada e relevo inclinado (superior a 15% de declividade).

O mapa de cobertura do solo foi obtido por meio da classificação manual da imagem orbital Ikonos, de 2007. A classificação manual é um processo de interpretação visual da imagem e desenvolvido através da digitalização em tela (vetorização) dos alvos.

As classes identificadas, reescaladas no intervalo de 0 a 255 para fins de padronização da escala de adequabilidade dos fatores, foram geradas pelos comandos subsequentes: Edit, e o Assign, do GIS IDRISI 15.0 Andes Edition. Os pesos definidos são apresentados no Quadro 2, a seguir:

Classe	Peso
Área Edificada	200
Solo Exposto	190
Vegetação Arbustiva	150
Vegetação Rasteira	120
Mata Densa	90

Quadro 2 – Classes de cobertura do solo e seus respectivos pesos

Os pesos foram adotados seguindo critérios de propensão à erosão hídrica e tensões sub-superficiais que o sistema radicular pode exercer sobre o solo, onde o solo exposto recebeu o segundo maior peso, seguido pela vegetação arbustiva, que se encontra em uma paisagem mais degradada, conseqüentemente mais erodível. A vegetação rasteira recebeu segundo menor peso, pois suas raízes seguram bem o solo e apresentam pequena parte aérea, sofrendo assim menor tensão sub-superficial. Por último a mata densa, com o menor peso. Ela possui um sistema radicular profundo e estágio mais avançado de sucessão ecológica que contribui para uma maior estruturação do talude. Para a área edificada, foi atribuído o maior peso devido ao padrão de ocupação comumente observado nos pontos de ocorrência, onde a falta de equipamentos urbanos (rede de drenagem e esgotamento sanitário adequado), juntamente com estrutura precária de algumas residências, resulta em um direcionamento do escoamento superficial e, conseqüentemente, no aumento do potencial de erodibilidade pela chuva. A ponderação realizada considerou apenas os movimentos rasos de massa.

Como foi observado que deslizamentos de massas em Viçosa-MG ocorrem majoritariamente em áreas com declividades elevadas (superiores a 15%), foi gerado um mapa de declividade excluindo as áreas de menor declividade (inferior a 15%) por meio do comando reclass, do software IDRISI 15.0 Andes Edition.

Utilizou-se a técnica de comparação de pares do módulo Weight para gerar um conjunto de pesos relativos para cada um dos fatores a serem agregados no processo de combinação linear ponderada (WLC), bem como na média ponderada ordenada (OWA), a serem descritos nos próximos itens.

Sobre a ponderação dos fatores, Calijuri (2008) escreveu: “A ponderação indica a importância relativa de todos os fatores e regula a compensação entre eles. O grau em que um fator pode compensar outro é determinado por seu fator ou compensação de peso.” Dessa forma, os pesos foram gerados por uma série de comparações de pares de importância relativa de cada um dos fatores à adequabilidade dos pixels à susceptibilidade a movimentos de massas. A importância relativa e os pesos gerados são apresentados no Quadro 3.

MATRIZ WEIGHT	Fuzzy Declividade	Mapa Solos	Mapa Cobertura	Resultado
Fuzzy Declividade	1	-	-	0.6370
Mapa Solos	1/3	1	-	0.2583
Mapa Cobertura	1/5	1/3	1	0.1047

Quadro 3 – Matriz de comparação da importância relativa dos fatores par a par.

O primeiro cenário obtido baseou-se no procedimento de Combinação Linear Ponderada (WLC), em que os fatores reescalados são agregados após serem multiplicados por seu peso correspondente, em seguida são somados, e sua soma dividida pelo número de fatores (BAPTISTA, 2005). Segundo BAPTISTA (2005), a combinação ponderada é calculada para cada pixel na imagem e permite a compensação entre os fatores, posicionando-se entre o risco extremo (or) e o risco mínimo (and).

Além do cenário gerado pela combinação WLC, foram gerados outros quatro cenários pela aplicação da técnica de agregação da Média Ponderada Ordenada (OWA). Tal técnica aplica um segundo conjunto de pesos aos fatores e, com isto, é permitido controlar o nível total de compensação entre os fatores, bem como o nível de risco na determinação da adequabilidade (BAPTISTA, 2005).

Os cenários resultantes foram comparados com pontos de ocorrências notificados ao Departamento de Defesa Civil da Prefeitura Municipal de Viçosa-MG e coletados em campo com o aparelho receptor GPS Garmin Etrex. A coleta dos pontos foi realizada em duas campanhas de reconhecimento da área de estudo, sob orientação da engenheira responsável pela Defesa Civil do Município.

Além dos pontos coletados em campo, foram digitalizados em tela alguns pontos de difícil acesso ou que não puderam ser conferidos em campo. Para tanto, foi realizada uma interpretação visual da imagem Ikonos (2007), associada ao mapa viário municipal, em arquivos de históricos de ocorrências do órgão supracitado, e no conhecimento de campo da engenheira responsável pelo mesmo. Vale ressaltar que alguns pontos representam *regiões* de susceptibilidade, embora tenham sido expressos como ocorrências pontuais.

Dessa forma, foi possível identificar o cenário que melhor se adequou aos casos já ocorridos na área de estudo, validando assim o resultado.

De posse do melhor cenário identificado, os valores até então contínuos de adequabilidade a movimentos de massas – que variavam de 0 a 210 – foram reclassificados em três classes de susceptibilidade, a saber: baixa, média e alta, dividindo-se a susceptibilidade em intervalos iguais de variação de adequabilidade.

A estimativa da população de cada classe de risco: baixo, médio e alto, baseou-se na relação de habitantes por quilômetro quadrado (densidade demográfica). De posse dos valores de área, em km<sup>2</sup>, de cada classe, pôde-se obter uma estimativa da população multiplicando a área pelo índice de densidade demográfica calculado para a região em questão.

A fim de utilizar um valor mais preciso e atualizado de densidade demográfica, o mesmo foi calculado especificamente para a área de estudo e, teve como base, o resultado do último senso demográfico divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), que quantificou a população residente na área urbana de Viçosa (População2010), no ano de 2010, em 67.305. A área por sua vez, foi estimada por meio de digitalização em tela da mancha urbana, identificada pela interpretação da sua resposta espectral na composição colorida RGB521 de uma imagem do sensor TM/Landsat5 do mesmo ano, onde as áreas edificadas e asfaltadas possuem coloração tipicamente azulada e fragmentada. Para tanto, foi utilizado o software ArcGIS 9.3.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos fatores declividade, tipo de solos e cobertura do solo, utilizados no processo hierárquico de análise, foram gerados cinco mapas de adequabilidade a movimentos de massas numa escala de 0 (adequabilidade mínima) a 255 (adequabilidade máxima), um para cada cenário. Comparando visualmente estes cenários com os pontos de ocorrência de deslizamento de massa ou de risco iminente registrados na Defesa Civil do município, observou-se que o cenário que melhor descreve a realidade foi o cenário 2 (OWA 1), com risco acima da média e compensação alta.

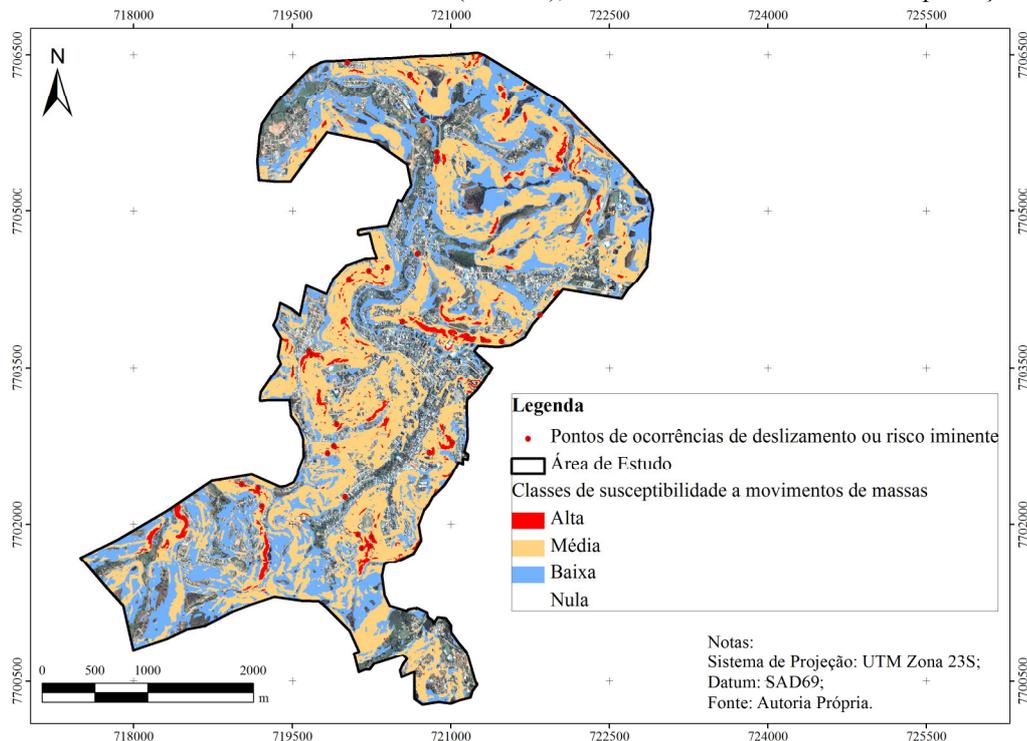


Figura 2 – Mapa de susceptibilidade a movimentos de massas na área urbanizada de Viçosa-MG.

De posse do cenário 2, a adequabilidade foi subdividida em quatro classes de susceptibilidade contíguas (Figura 2). A partir dessa subdivisão, foram calculadas as áreas (em km<sup>2</sup>) referentes a cada classe e a população estimada para as mesmas. O resultado é expresso no Quadro 4 abaixo.

Classes:	Área (km <sup>2</sup> )	População	Área (%)
Nula	4,5290	24456,70	33,90
Baixa	3,2504	17552,30	24,33
Média	5,2175	28174,40	39,06
Alta	0,3611	1949,75	2,70

Quadro 4 – Área e população das classes de susceptibilidade ao movimento de massa

Pela quantificação das áreas e análise visual do mapa de susceptibilidade, pode-se observar que há uma maior frequência de áreas de susceptibilidade média, devido provavelmente às características geomorfológicas da região, bem como o uso e ocupação que, de maneira geral, apresentam susceptibilidades distribuídas ao longo de toda a área de estudo. Os pontos de ocorrência registrados são distribuídos nas classes de susceptibilidade da seguinte forma (Quadro 5):

Classes	Ocorrências de Deslizamentos	Frequência de Ocorrências (%)
Nula	1	3,33
Baixa	2	6,67
Média	22	73,33
Alta	5	16,67

Quadro 5 – Distribuição dos pontos de ocorrência nas classes de susceptibilidade

Com base nas observações feitas em campo, percebe-se que as diversas construções e as ruas pavimentadas são grandes responsáveis pela impermeabilização do solo, o que causa concentração do escoamento superficial na ausência de sistema de drenagem eficiente, conseqüentemente, resulta em maiores chances de movimento de massa.

Além disso, percebe-se que o padrão das edificações é de construções frequentemente executadas sem acompanhamento técnico, devido à ocupação irregular de áreas com restrição legal, como Áreas de Preservação Permanente (APP) – declividade acima de 100%, margens de rios, topos de morro –, bem como em áreas impróprias para parcelamento do solo segundo a Lei Federal nº 6.766 de 1979. Dessa forma, os órgãos financiadores, como agências bancárias ou programas habitacionais públicos, não concedem o crédito para projetos localizados nessas áreas.

Embora as áreas de susceptibilidade alta representem uma parcela menor em relação às demais, sua ocorrência foi bem distribuída por toda a área de estudo, especialmente em áreas com associação de alta declividade com solos frágeis e coberturas que expõem o solo ou que concentram o escoamento, como áreas edificadas. Vale ressaltar que esta distribuição espacial dificulta medidas de controle para gestão do município e das áreas de risco.

A frequência de ocorrência dos pontos de movimentos de massa registrados, bem como das subclasses de susceptibilidade obtidas, foram associados aos fatores F2 e F3 mediante sobreposição (overlay) das informações contidas em seus mapas, obtendo a fração das áreas de susceptibilidade referentes a cada classe (Quadro 6). Além disso, pode-se observar que as áreas de maior susceptibilidade encontram-se em declividades de até 133% e as áreas de susceptibilidade média e baixa encontram-se, respectivamente, em declividades de até 98% e 54%.

	Classe	Pontos de Ocorrências (%)	Susceptibilidade			
			Alta (%)	Média (%)	Baixa (%)	Nula (%)
Solos	PVAd1	6,67	0,09	1,63	17,01	26,43
	LVAd1	0,00	0,16	6,52	13,30	3,38
	LVAd3	10,00	12,12	34,84	10,94	31,86
	LVAd2	0,00	3,62	21,75	40,52	22,62
	CXbd	83,33	84,00	34,03	3,02	2,52
	PVAd2	0	0,01	1,24	15,22	13,19
Coberturas	Vegetação Arbustiva	10,00	24,38	11,28	7,15	5,88
	Solo Exposto	3,33	0,84	1,36	0,55	1,58
	Vegetação Rasteira	23,33	42,35	33,58	48,89	29,38
	Área Edificada	43,33	19,70	40,14	26,60	54,44
	Mata Densa	20,00	12,73	13,64	16,81	8,72

Quadro 6 – Ocorrência de movimentos de massa registrados e subclasses de susceptibilidade, associados aos fatores Tipo de Solo e Cobertura do Solo.

Na análise da susceptibilidade ao movimento de massa, ponderou-se os fatores declividade e tipo de solo com os maiores pesos relativos, respectivamente. Portanto, o menor peso atribuído ao fator cobertura do solo em relação aos demais explica a alta porcentagem de susceptibilidade em áreas de vegetação rasteira e arbustiva quando comparada à área edificada, já que nestas áreas os outros fatores foram mais determinantes.

#### 4 CONCLUSÕES

A expansão das instituições de ensino no município e a conseqüente especulação imobiliária, aliada a um planejamento urbano ainda deficiente, são alguns dos fatores que contribuem para a ocupação urbana em áreas suscetíveis ao movimento de massa no município de Viçosa. O modelo proposto classificou a área de estudo de modo a auxiliar a gestão das atividades da Defesa Civil, por meio das análises de adequabilidade ao movimento de massa,

realizadas pelo estudo dos fatores: cobertura do solo, tipo do solo e declividade. Dessa forma, quantificou-se as áreas de susceptibilidade nula (4,53 km<sup>2</sup>), baixa (3,25 km<sup>2</sup>), média (5,23 km<sup>2</sup>) e alta (0,36 km<sup>2</sup>), de forma digital e organizada, possibilitando a elaboração de um banco de dados espacializados para o município.

Dos pontos de ocorrência registrados, 73% coincidem com as áreas de susceptibilidade média resultantes da análise proposta pelo método, sinalizando uma concordância entre os dados gerados e a realidade de campo.

A classe de susceptibilidade média é a que apresentou maior porcentagem na área de estudo, ocupando aproximadamente 39% desta. A segunda classe de maior porcentagem foi a de susceptibilidade nula, em consequência da ocupação de planícies e vales com baixas declividades, ocupando aproximadamente 34%. Por último, seguem as classes de susceptibilidade baixa e de susceptibilidade alta, com frequências de ocorrência iguais a 24% e 2,7%, respectivamente. Ressalva-se que, apesar da porcentagem de ocorrência de susceptibilidade alta ser relativamente baixa, tais áreas estão espacializadas de forma generalizada por toda a área de estudo. Tal fato requer atenção especial, pois, em caso de ações emergenciais simultâneas por parte do órgão público competente, será necessária uma equipe que possa atender mais de uma ocorrência em pontos possivelmente distantes entre si.

Das áreas de susceptibilidade alta 67% encontram-se em áreas de vegetação rasteira e arbustiva, ainda não edificadas.

No trabalho em questão considerou-se a pedologia preferencialmente, pela praticidade na obtenção dos dados. Sendo assim, a geologia do terreno não foi estudada, apesar de também ser relevante em estudos de movimentos de massa. Recomenda-se a confecção de uma carta geotécnica do município para uma melhor descrição das áreas de susceptibilidade.

As metodologias propostas pelo ministério das cidades para gestão das áreas de susceptibilidade e mapeamento exploratório do espaço físico da cidade, como o executado no presente trabalho, são alguns dos passos iniciais para a elaboração de planos de prevenção e preparação da Defesa Civil e para a identificação das melhores áreas para expansão urbana e realocação das famílias em risco (BRASIL, 2007).

Espera-se que a metodologia utilizada, juntamente com a base de dados gerada ao longo do trabalho permita uma melhor gestão do espaço urbano do município de Viçosa-MG e especialmente das áreas susceptíveis a movimentos de massa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, C. A.. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis - RJ: subsídio ao planejamento urbano**. 2005. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BRASIL (Estado). Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001. Dispõe sobre as normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2010.

BRASIL (Estado). Lei no 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm)>. Acesso em: 08 jun. 2011.

BRASIL (Estado). Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)>. Acesso em: 08 jun. 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios. Brasília, 2007. Disponível em:<<http://www.cidades.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Desastres Naturais: Manual de orientação, Brasília, 2003. 174p. Disponível em:<<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/programas-urbanos/programas/programa-de-fortalecimento-da-gestao-municipal-urbana/>>Acesso em: 27 mai. 2011.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual técnico de Pedologia: Manual de orientação. Rio de Janeiro, 2005. 164p.

CALIJURI, M. L.. **Análise Estratégica de Decisão**. Viçosa, MG: Laboratório de Pesquisa em Sistemas de Informação Geográfica, fev. 2008. 57p.

DEFESA CIVIL NACIONAL. **Glossário Defesa Civil**. Disponível em:<<http://www.defesacivil.gov.br/glossario/index1.asp>>. Acesso em: 27 mai. 2011.

- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/demograficas.html>>. Acesso em: 05 nov. 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 30 maio. 2011.
- LEPSCH, I. F.. **Formação e Conservação dos Solos**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- MARICATO, E.. Dimensões da tragédia urbana. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. Disponível em: <[http://www.usp.br/fau/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato\\_tragediaurbana.pdf](http://www.usp.br/fau/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato_tragediaurbana.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2010.
- PINTO, C.S.. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- PORTES, R. C.. **Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG através de geoprocessamento e análise multicritério**. Viçosa, MG. Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/docs/monografias/Monografias\\_2008\\_2/RaquelCastroPortes.pdf](http://www.geo.ufv.br/docs/monografias/Monografias_2008_2/RaquelCastroPortes.pdf)>. Acesso em 30 mai. 2011. Projeto Viçosa Digital – Socioeconomia. José Horta. Local: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa, 2009.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 3-18, 1985.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Geológico. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo, 2009 197 p. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.
- TAMBELHINI, A.T. CÂMARA. V.M. A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento no campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, n.2, 1998. Disponível em: <[http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S141381231998000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S141381231998000200005&script=sci_arttext)> Acesso em: 23 nov. 2010.
- YOUNG, A. F.; CARMO, R. L. **Transformações na paisagem, mudanças no uso do solo e planejamento: o sensoriamento remoto como instrumento de análise no caso de Curitiba**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5551-5559. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.44>>. Acesso em: 13 nov. 2010.