



=====

=====

**PREVISÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS
NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA – MG: SUBSÍDIOS PARA O
PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SETOR URBANO**

Ricardo T. Zaidan (M.sc)

Doutorando – Departamento de Geociências – UFRJ

Professor Substituto – Departamento de Geociências – UFJF

zaidan@acessa.com

Nelson Ferreira Fernandes (Dr.)

Professor – Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – UFRJ

Palavra chave: Geoprocessamento, Movimentos de Massa, Modelagem Matemática.

Eixo Temático: Análise e Diagnóstico de Processos Erosivos

RESUMO

O relevo norteou a expansão da malha urbana em Juiz de Fora, correspondendo ao vale do rio Paraibuna a ocupação inicial da cidade. Sua expansão se deu em forma de tentáculos em torno das elevações e dos vales secundários, chegando nos atuais dias a atingir as encostas, o que tem gerado inúmeros problemas relacionados a deslizamentos. Um dos fenômenos naturais pouco compreendido, principalmente no que se refere à sua previsão, tanto no espaço quanto no tempo são os deslizamentos rasos nas encostas. Nos centros urbanos os deslizamentos assumem freqüentemente proporções catastróficas, uma vez que as inúmeras intervenções antrópicas geram novas relações com os fatores condicionantes naturais associados à geomorfologia e à geologia. A utilização de modelos determinísticos, principalmente aqueles que levam em consideração os fatores topográficos no processo de modelagem e previsão de áreas susceptíveis é uma forma viável de se realizar estes estudos. Desta forma, neste trabalho buscou-se definir e fazer a previsão de áreas críticas a deslizamentos no Município de Juiz de Fora, através da utilização de um destes modelos determinísticos – o Modelo SHALSTAB, como subsídio para a definição de políticas de ocupação das encostas, de forma a apoiar o processo de modernização do Código de Obras Municipal (Lei de Uso e Ocupação do Solo).

INTRODUÇÃO

É de conhecimento de todos que o país passou, nas últimas décadas, por uma grande transformação na organização do espaço



=====
=====
territorial. De majoritariamente rural, no início do século passado, tornou-se essencialmente urbano no início deste século. Tais transformações culminaram em um processo de crescimento das cidades, carentes de um planejamento mínimo em áreas periféricas, onde os eventos calamitosos muitas vezes se tornaram freqüentes (COELHO, 2001). Juiz de Fora é uma cidade de porte médio que não fugiu a esta regra.

De acordo com AGUIAR (2000), o relevo norteou a expansão da malha urbana em Juiz de Fora, correspondendo ao vale do rio Paraibuna a ocupação inicial da cidade. Sua expansão se deu em forma de tentáculos em torno das elevações e dos vales secundários, chegando nos atuais dias a atingir as encostas, o que tem gerado inúmeros problemas relacionados a deslizamentos (movimentos de massa).

A procura pelo espaço urbano é um fenômeno que aumenta a cada ano. Desta forma, o estudo de fenômenos que afetam diretamente o bem estar da população deveria ser mais freqüente, principalmente, direcionado à previsão de instabilidades geradas pelas ocupações em áreas irregulares.

Um dos fenômenos naturais pouco compreendido, principalmente no que se refere à sua previsão, tanto no espaço quanto no tempo são os deslizamentos rasos nas encostas. São muito complexas as interações entre os diversos fatores condicionantes e os mecanismos de ruptura dos solos. Além disso, as interferências antrópicas, cada vez mais freqüentes, dificultam ainda mais o desenvolvimento de estudos voltados para a previsão. Conforme destacado por FERNANDES et al. (2001), nos centros urbanos os deslizamentos assumem freqüentemente proporções catastróficas, uma vez que as inúmeras intervenções antrópicas geram novas relações com os fatores condicionantes naturais associados à geomorfologia e à geologia.

A questão da previsão de ocorrência dos deslizamentos vem assumindo importância crescente na literatura geomorfológica e geotécnica. No entanto, há diferentes concepções do problema e diversas formas de investigação. Grande parte das metodologias propostas, por exemplo, visa a



=====

=====

definição de áreas críticas a deslizamentos, ou seja, áreas de maior susceptibilidade à ocorrência do processo (exemplo, GUZZETTI et al., 1999; XAVIER-DA-SILVA, 2001). Outros estudos, por sua vez, buscam caracterizar o risco envolvido, englobando tanto a possibilidade de ocorrência do processo quanto os danos decorrentes (exemplo, AUGUSTO FILHO e WOLLE, 1996; CRUDEN, 1997). Conhecer áreas susceptíveis a ocorrências catastróficas é respeitar e até mesmo salvar vidas. A utilização de modelos determinísticos, principalmente aqueles que levam em consideração os fatores topográficos no processo de modelagem e previsão de áreas susceptíveis é uma forma viável de se realizar estes estudos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é definir e fazer a previsão de áreas críticas a deslizamentos no Município de Juiz de Fora, através da utilização de um destes modelos determinísticos – o Modelo SHALSTAB (DIETRICH e MONTGOMERY, 1998) - como subsídio para a definição de políticas de ocupação das encostas, de forma a apoiar o processo de modernização do Código de Obras Municipal (Lei de Uso e Ocupação do Solo).

EMBASAMENTO TEÓRICO

Os deslizamentos são sinônimos de escorregamentos, queda de barreiras, desbarrancamentos e equivale na língua inglesa aos chamados landslides, onde podem ser definidos como rápidos movimentos descendentes do material constituinte das encostas. (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Para CHRISTOFOLETTI (1974), os deslizamentos são deslocamentos rasos de massa do regolito sobre um embasamento saturado de água. Ainda aponta, que na região sudeste do Brasil, destacam-se dois condicionantes para que haja estes escorregamentos. São eles, as prolongadas estações chuvosas e a declividade relativamente acentuada das vertentes.



=====
=====

Para CROZIER (1986), os deslizamentos se constituem num processo definido pelo movimento gravitacional, descendente e para fora da encosta, de material sem a ajuda da água corrente como um agente de transporte.

Os deslizamentos não acontecem ao acaso, sua razão está fundamentada em condicionantes que segundo FERNANDES e AMARAL (1996), podem ser fatores geológicos (englobando as características litológicas e tectônicas), geomorfológicos, climáticos e antrópicos.

De um modo geral, os principais procedimentos utilizados na previsão de áreas susceptíveis a deslizamentos podem ser englobados em quatro grupos (FERNANDES et al., 2001): Análise a partir da distribuição dos deslizamentos no campo, destacando-se trabalhos de WIECZOREK (1984) e AMARAL (1996). Porém, de acordo com VAN WESTEN (1993), as informações geradas a partir destes procedimentos ficam limitadas às áreas de ocorrências dos deslizamentos. Um segundo grupo seria a análise a partir de mapeamentos geomorfológicos e/ou geotécnicos, onde se destacam trabalhos de STEVENSON (1977), HOLLINGSWORTH e KOVACS (1981), NEELEY e RICE (1990), AUGUSTO-FILHO e WOLLE (1996), XAVIER-DA-SILVA (2001), MOREIRA (1999), entre outros. Porém GUZZETTI et al. (1999), destaca que estes procedimentos possuem um nível muito alto de subjetividade, dependendo diretamente do nível de conhecimento do problema pelo investigador. Um terceiro grupo seriam os modelos com base estatística, onde destacam-se trabalhos de BRABB et al. (1972), NEULAND (1976), CHUNG e FABBRI (1995), GUZZETTI et al. (1999), SANTOS (2000), entre outros. Porém, GUZZETTI et al. (1999) destaca que o princípio norteador, neste caso, é a existência de relações funcionais entre os fatores condicionantes da instabilidade e a distribuição dos deslizamentos na paisagem, o que torna necessário a disponibilidade de extensos bancos de dados representativos dos processos a serem previstos. E por último, um quarto grupo, os modelos determinísticos. Nesta abordagem são utilizados modelos matemáticos que possuem bases físicas que descrevem alguns dos



=====

=====

processos e leis físicas que controlam a estabilidade das encostas. Destacam-se trabalhos de WARD et al. (1982), OKIMURA e KAWATANI (1987), DIETRICH e MONTGOMERY (1998), GUIMARÃES et al. (1999a) e GUIMARÃES et al. (1999b). Porém, as maiores limitações desses procedimentos encontram-se associadas ao conhecimento incompleto que possuímos de muitos dos processos envolvidos e à dificuldade de obtenção dos dados requeridos pelos modelos, principalmente se aplicados a grandes áreas.

O modelo SHALSTAB (DIETRICH e MONTGOMERY, 1998) é um modelo matemático determinístico que visa a definição no relevo dos locais mais susceptíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos. Foi desenvolvido na década de 90, sendo aplicado a diversos locais na costa oeste dos EUA e, mais recentemente, no Brasil (GUIMARÃES, 2000). O modelo SHALSTAB possui, como principal característica, a ênfase dada ao papel desempenhado pela topografia na deflagração desses movimentos, englobando tanto a declividade quanto a área de contribuição (FERNANDES et. al., 2001).

Em termos gerais, o modelo SHALSTAB analisa, para cada célula dentro de um grid, obtido a partir de um modelo digital de terreno, a combinação de um módulo hidrológico com um módulo de estabilidade. O primeiro modela o balanço entre a concentração e a transmissão da água no solo caracterizando os locais na paisagem que estarão submetidos à saturação. O segundo módulo, simula a estabilidade de uma porção de solo situada diretamente sobre embasamento rochoso. Nas análises desses dois módulos são incorporados parâmetros topográficos (declividade, área de contribuição), obtidos a partir de um modelo digital de terreno; climáticos (precipitação); além de diversas propriedades do solo (espessura, condutividade hidráulica saturada, densidade, coesão e ângulo de atrito) (FERNANDES et. al., 2001).

A Equação 1 mostra, como exemplo, um resultado da combinação dos dois módulos do modelo para a situação de solos com coesão. A



=====
=====
implementação desses cálculos para cada célula (no caso de 4m²) da área estudada, dentro de um ambiente SIG, permite hierarquizar a área em termos de susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos. Ou seja, quanto maior for o valor absoluto da razão Q_c/T , maior será a instabilidade do local.

$$\frac{Q_c}{T} = \frac{\sin\theta}{(a/b)} \left[\frac{C'}{\rho_w g z \cos 2\phi} + \frac{\rho_s}{\rho_w} \left(1 - \frac{\tan\theta}{\tan\phi} \right) \right] \quad (1)$$

Equação 1

onde:

Q_c é a chuva crítica necessária para a ruptura,

T é a transmissividade do solo (produto entre a condutividade hidráulica saturada e a espessura do solo),

a é a área de contribuição,

θ é a declividade do local,

ρ_w é a aceleração da água,

g é a aceleração da gravidade,

z é a espessura do solo,

ρ_s é a densidade global do solo saturado,

ϕ é o ângulo de atrito do solo, e

C' é a coesão efetiva do solo.

Deve ser destacado que este modelo tem a grande virtude de incorporar o parâmetro área de contribuição na análise da estabilidade. Tal fato permite uma representação mais fiel do papel exercido pela topografia no condicionamento dos deslizamentos, incorporando os efeitos de convergência dos fluxos de água exercido pelos *hollows* definindo, em última análise, os locais na paisagem submetidos a poro-pressões positivas críticas.

ÁREA DE ESTUDO



=====

Juiz de Fora esta localizada na Zona da Mata Mineira, às margens da Rodovia BR040, no eixo Rio de Janeiro – Belo Horizonte, a sudeste de Minas Gerais (Figura 1).

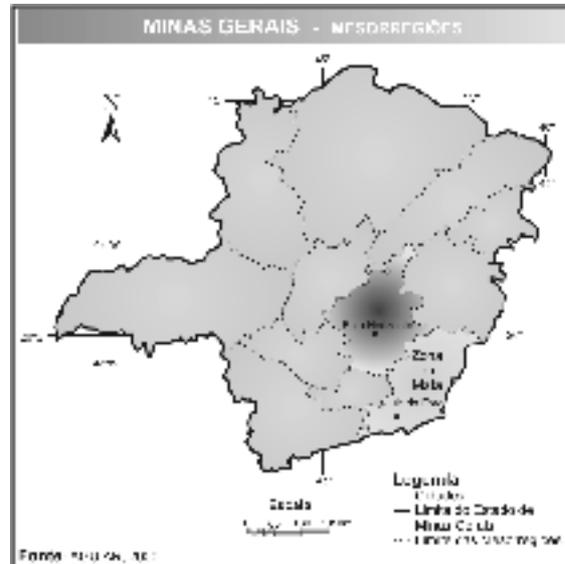


Figura 1: Mapa de localização de Juiz de Fora no contexto de Minas Gerais

O município aloja-se principalmente na região da bacia do Rio Paraibuna – que corta a área urbana. O relevo é caracterizado pelos chamados “mares de morros” e encontra-se em ambiente serrano, entre os contrafortes da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar (AZEVEDO, 1968).

Segundo dados da Contagem Populacional do IBGE, de 1996 (BRASIL, 1999), a população de Juiz de Fora cresceu de 91.119 habitantes, no início do século passado, para 424.479 habitantes. Sua população, em maioria rural no início do século anterior, passou para 99% urbana e 1% rural em 1996.

O clima é do tipo tropical, com duas estações: verão chuvoso, com temperaturas elevadas e inverno seco, com temperaturas amenas, sendo o volume de precipitação anual em torno de 1.500mm e havendo a predominância de ventos Norte (STAICO, 1977). Há uma sensível tendência ao aumento da ocorrência de anos secos, em relação aos anos normais, o que reflete a diminuição do volume de água nos cursos d’água e nas represas que abastecem o município, e consecutivamente a falta d’água,



=====

=====

porém, a intercalação de anos extremamente chuvosos tem sido registrada (ZAIDAN et al, 2001). Estes picos chuvosos devem ser observados com muita atenção pelos órgãos de planejamento municipal, pois, a rede de captação de águas pluviais urbanas não está dimensionada para suportar este crescimento de volume d'água, de escoamento superficial, que vêm aumentando ano após ano e que poderá resultar em enchentes em áreas de vales, processos erosivos e movimentos de massa nas áreas de encostas.

Este estudo se direciona à previsão de locais susceptíveis a deslizamentos em três áreas, dentre muitas outras que emergem no cenário desta transição de século, por caracterizarem muito bem três estágios, da situação atual de Juiz de Fora. Apresentam uma riqueza de problemas ambientais, ligada a processos de invasão, parcelamento e ocupação irregulares sem um mínimo de infra-estrutura urbana necessária, ao menos para garantir a segurança dos moradores. Localizam-se na Zona Leste do Município de Juiz de Fora, na margem esquerda da bacia do Rio Paraibuna (Figura 2).

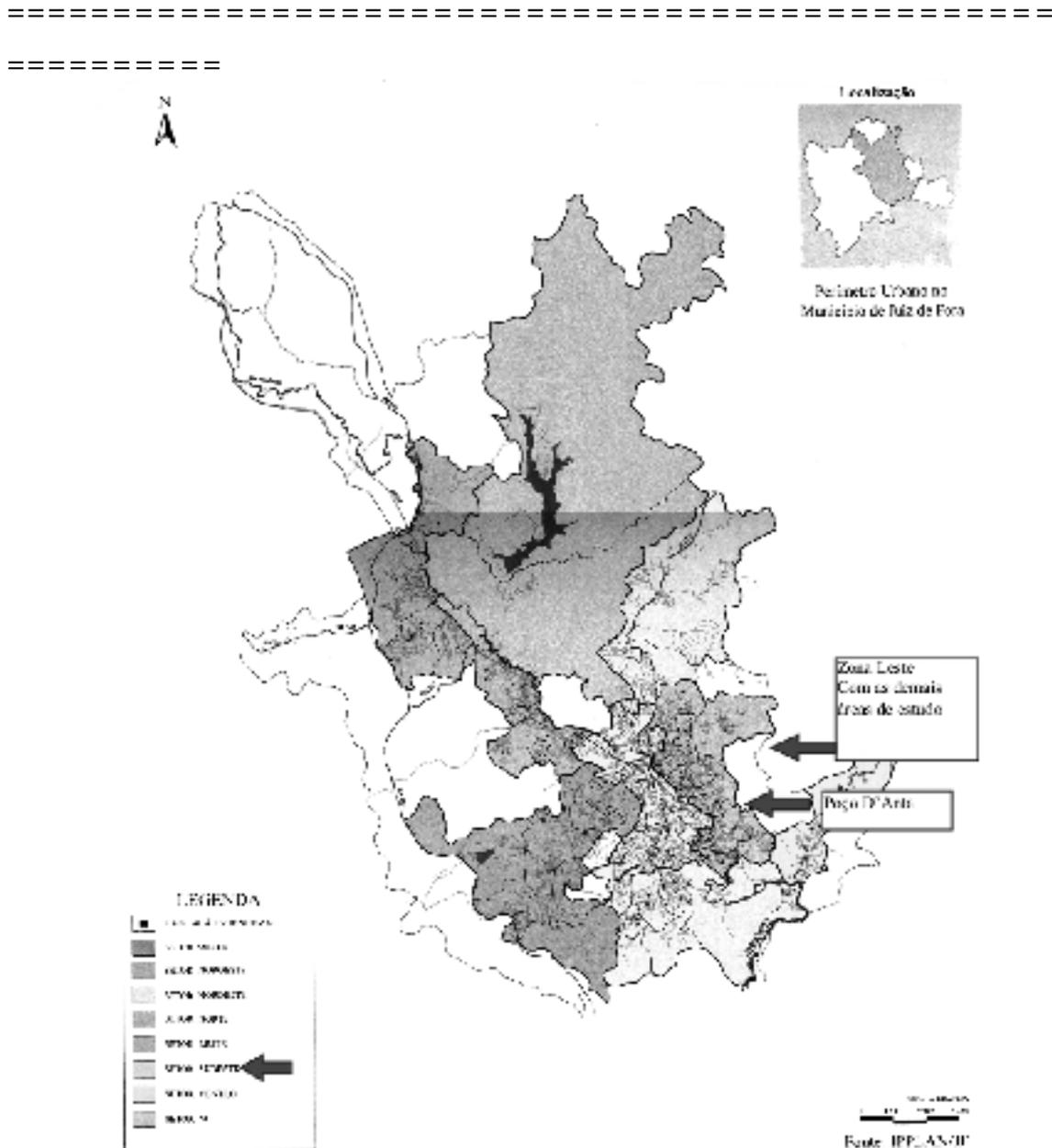


Figura 2: Setores urbanos da área urbana do Município de Juiz de Fora.

Retirado do Plano Diretor do Município (Prefeitura de Juiz de Fora, 1996)

A área 1 compreende uma área de proteção ambiental municipal denominada Poço D'Anta, que ainda está preservada, porém sofre fortes pressões de bairros periféricos. A área 2 é a porção alta do Bairro Santo Antônio, e junto com área 1 estão localizados na Bacia do Córrego D'anta. A área 2 constitui um estágio mais avançado que a área 1 no processo de ocupação. A área 3 corresponde ao Bairro Alto dos Três Moinhos, porção da Bacia do Córrego do Young (Figura 3). Esta área já está ocupada a mais de vinte anos e encontra-se mais estável.



=====

=====

SETOR URBANO LESTE

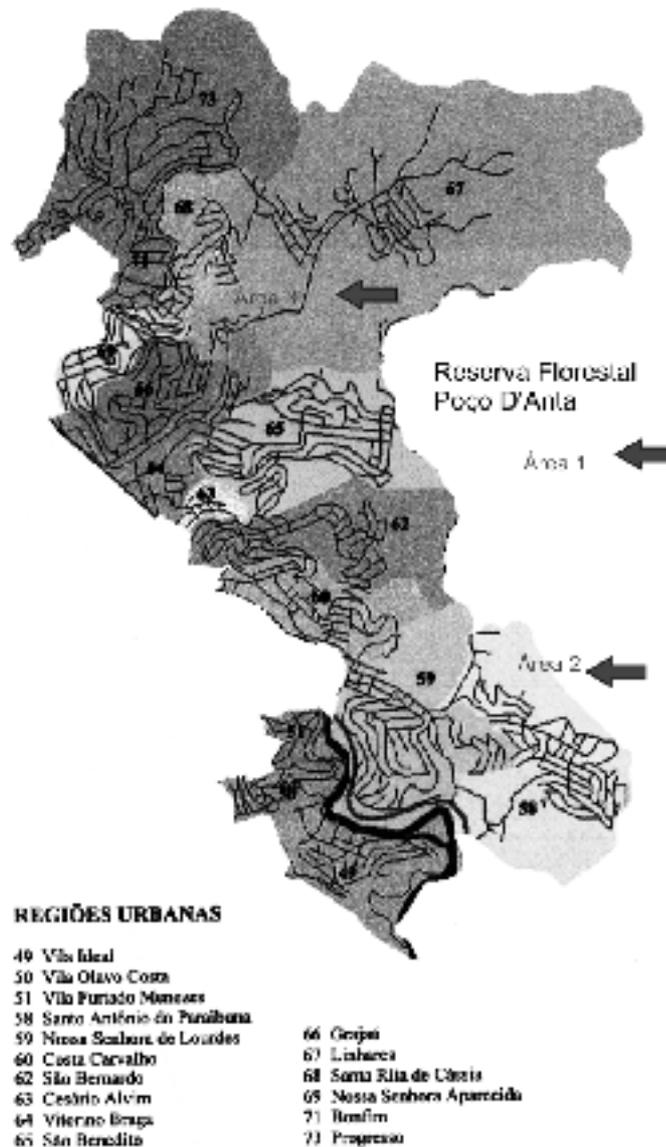


Figura 3: Ampliação da Zona Leste demonstrada da Figura 3 e localização das três áreas de estudo.

Retirado do Plano Diretor do Município (Prefeitura de Juiz de Fora, 1996)

Cabe ressaltar que as três áreas foram escolhidas segundo dois critérios basicamente. O primeiro diz respeito à pesquisa prévia realizada junto à Defesa Civil e ao IPPLAN, que ajudou na constatação de que realmente são áreas que passam por problemas relativos à ocorrência de deslizamentos de encostas, sendo que a cada período chuvoso tem aumentado o número de registros de ocorrências, devido à pressão e



=====
=====
expansão urbana, e que estudos direcionados a estas áreas seriam de grande importância para o planejamento municipal. Esta pesquisa foi seguida de visita a campo e constatação de ocorrências, como nos mostra as Fotografias 1 e 2.



Fotografia 1: Visão geral de parte do Bairro Alto dos Três Moinhos



Fotografia 2: Movimento de massa em corte de talude para a construção de casa na porção inferior da rua, no Bairro Alto dos Três Moinhos.

O segundo critério diz respeito ao estágio evolutivo do processo de ocupação, o que nos fornecerá uma base para comparação entre os resultados gerados para as três áreas. A reserva florestal do Poço D'Anta é uma área de preservação que sofre fortes pressões periféricas e já



=====

=====

registram- se indícios de uso e ocupações residenciais em sua periferia. O alto do Santo Antônio é uma área de invasão e ocupação recente, aproximadamente entre 5 a 10 anos, que aumenta a cada ano. O alto dos Três Moinhos é uma área de mais de 25 anos de ocupação, que encontra- se mais estável que as demais, porém, a cada ano, ainda ocorrem registros de ocorrências de deslizamentos.

MATERIAIS E MÉTODO

A previsão de áreas instáveis na paisagem é aqui investigada através da utilização de um modelo matemático determinístico, o qual privilegia o controle topográfico dos deslizamentos rasos de encostas. Está sendo aplicado a três áreas do Município de Juiz de Fora que se encontram em estágios ocupacionais distintos e seqüenciais em relação ao tempo e densidade de ocupação urbana, e sua eficiência está sendo avaliada através da comparação, através de um SIG, entre as áreas previstas como instáveis pelo modelo e aquelas onde efetivamente ocorreram deslizamentos.

Para os mapeamentos de ocorrências de deslizamentos pretéritos são utilizados o banco de dados de registros de ocorrências existente na Defesa Civil/Juiz de Fora e os seguintes aerolevamentos:

1 – Banco de dados aerofotogramétrico de Juiz de Fora da CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais. Consta do Conjunto aerofotogramétrico de 1986 com fotografias na escala 1: 30.000 e ortofotos na escala 1:10.000.

2 – Banco de dados aerofotogramétrico de Juiz de Fora do IPPLAN/JF – Instituto de Pesquisa e Planejamento da Prefeitura de Juiz de Fora. Constam três aerolevamentos: o primeiro, de 1975, com conjunto aerofotogramétrico na escala 1:8.000 e restituição 1:2.000. O segundo, de 1983, com conjunto aerofotogramétrico na escala 1:10.000 e restituição 1:2.000. O terceiro, 2000, com aerolevamento em meio digital colorido chegando a um detalhe de até 1:1.000, com mapeamentos temáticos de



=====

=====

cobertura vegetal, altimetria, densidade demográfica, declividade e outros, todos disponíveis em arquivos para AutoCad 14.

O modelo determinístico utilizado é o Programa de Modelagem Matemática para Previsão de Áreas Susceptíveis a Deslizamentos - SHALSTAB (DIETRICH e MONTGOMERY, 1998). Nesta análise, é utilizada como base cartográfica o aerolevanteamento do Município de Juiz de Fora do ano de 2000, em meio digital, a partir do qual é obtido o modelo digital do terreno, usando o módulo TOPOGRID do Programa ArcView, permitindo alcançar uma resolução em torno de 1m de terreno. As propriedades dos solos necessárias para a realização da análise são obtidas através de ensaios de campo e de laboratório, realizados em amostras a serem coletadas nas 3 áreas de estudo.

RESULTADOS

Conhecer e prever movimentos de massa é contribuir para a qualidade e segurança da vida humana por meio de subsídios para o planejamento e gestão territorial. Diante de tal crescimento populacional e principalmente a ocupação de áreas de encostas não adequadas, este estudo busca compreender melhor os mecanismos de ruptura envolvidos no processo de movimento de massa, para uma previsão mais efetiva desses fenômenos em escala local e regional.

Embora parciais, os resultados já podem ser demonstrados através de mapeamentos de ocorrências de deslizamentos e na criação dos modelos digitais das áreas escolhidas (Figura 4) estando em execução a criação dos modelos de previsão de risco de deslizamentos para as três áreas definidas através deste estudo e consecutivamente a comparação destas através de um SIG para a definição de um modelo que possa ser aplicado para as demais áreas com problemas de deslizamentos no Município de Juiz de Fora.



Figura 4: visão parcial do MDT de uma das áreas de estudo, nas proximidades do Córrego Independência, com a sobreposição de mosaico de fotografias aéreas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGUIAR, Valéria T. B. de. *Atlas geográfico escolar de Juiz de Fora*. Juiz de Fora: Ed.UFJF, 2000. 46P.
- AMARAL, C.P. *Escorregamentos no Rio de Janeiro: inventário, condicionantes e redução do risco*. Rio de Janeiro, 1996. Tese de Doutorado, Engenharia Civil, PUC-RJ.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C. Estabilidade de Taludes. *In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. (eds) Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE, 1998 p243- 269.
- AUGUSTO FILHO, O.; WOLLE, C.M. *Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no Município de Ilha Bela, SP*. São Paulo: Solos e Rochas, 19, 1996. p.45- 62.
- AZEVEDO, Aroudo. *Brasil: a terra e o homem*. Vol 1. 2ª. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968. 622p.
- BRABB, E.E.; PAMPEYAN, E.H.; BONILLA, M.G. Landslide Susceptibility in San Mateo Country, Califórnia, scale 1:62.500. *USGS Miscellaneous Field Studies Map*: MF-360



- =====
- =====
- BRASIL. *Censo Demográfico 1991*. Disponível na Internet via www.sidra.ibge.gov.br. Arquivo consultado em 1999.
- BRASIL. *Contagem Populacional 1996*. Disponível na Internet via www.sidra.ibge.gov.br. Arquivo consultado em 1999.
- CHUNG, C.F.; FABBRI, A.G. Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. *In: A. CARRARA, A. e, GUZZETTI, F. (eds.) Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1995. p.107- 142
- COELHO, Maria C.N., Impactos Ambientais em Áreas Urbanas: teorias, conceitos e métodos de Pesquisa. *In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da, Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.19- 46.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Bhücher/EDUSP, 1974.
- CRUDEN, D.M. Estimating the risks from landslides using historical data. *In: CRUDEN, D.M. e FEL, R. (eds.). Landslide Risk Assessment*. Rotterdam: Balkema, 1997. p.177- 184.
- DIETRICH, W.E.; MONTGOMERY, D.R. *SHALSTAB: Adigital terrain model for mapping shallow landslide potential*. National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Technical Report, 1998, 26p.
- FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico- geomorfológica. *In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (org.). Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p.123- 194.
- FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. *Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis*. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 2, nº. 1, 51- 71, 2001.
- GUIMARÃES, R.F.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H.M.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; FERNANDES, N.F. Aplicação do modelo SHALSTAB para determinação de áreas de risco a escorregamentos rasos em regiões tropicais. *XIX Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*. ABGE, São Paulo, Águas de São Pedro, CD- ROM, 1999a.
- GUIMARÃES, R.F.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H.M.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; FERNANDES, N.F. Application of a model for the topographic control on shallow landslides to catchments near Rio de Janeiro. *In: LIPARD, S.J.; NAESS, A. e SINDING-LARSEN, R. (eds.) IAMG99 – Annual Conf. Of the Int. Association of Mathematical Geology*. Noruega, Trondheim, 1999b. p.349- 354.
- GUIMARÃES, R. F. *A modelagem matemática na avaliação de áreas de risco a deslizamentos: o exemplo das bacias dos rios Quitite e Papagaio (RJ)*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, UFRJ, 2000.



- =====
- =====
- GUSSETTI, F.; CARRARA, A.; CARDINALI, M.; REICHENBACH, P. *Landslide Hazard Evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study*, Central Italy. *Geomorphology*, 31: 1999. p.181- 216.
- HOLLINGSWORTH, R.; KOVAC, G.S. Soil slumps and debris flows: prediction and protection. *Bull. Of the American Assoc. of Engineering Geologists*, 18, 1981. p.17- 28.
- MOREIRA, I.C. *Avaliação das áreas de risco ambientais urbanos do Vale do Quitite- Jacarepaguá- RJ*. Monografia de Graduação, Depto. De Geologia, UFRRJ.
- NEELEY, M.K.; RICE, R.M. Estimating risk of debris slides after timber harvest in northwestern California. *Bulletin of the American Association of Engineering Geologists*, 27, 1990. p281- 289.
- NEULAND, H. A prediction model of landslips. *Catena*, 3, 1976. p.215- 230.
- OKIMURA, T.; KAWATANI, T. Mapping of the potencial surface- failure sites on granite mountain slope. *In: GARGINER, V. (ed.) International Geomorphology 1986*, Part 1. John Wiley, Chichester, 1997. p.121- 138.
- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, *Plano Diretor de Juiz de Fora – Instituto de Pesquisa e Planejamento*. Vol. 1 – Diagnóstico. Juiz de Fora: Gráfica Concorde, 1996. 223p.
- STAICO, J. *A Bacia do Paraibuna em Juiz de Fora*. Juiz de Fora: UFJF, 1977.
- SANTOS, M.R.G. *Aplicação de métodos de geoprocessamento para o estudo da instabilidade de encostas no Município de Teresópolis – RJ*. Tese de Mestrado, Depto de Geologia, UFRJ.
- VAN- WESTEN, C.J. Application of Geográfic Information System to Landslide Hazard Zonation. *ITC Publication*, Enschede, The Netherlands, 15. 1993. 245p.
- WARD, T.J.; RUH-MING, L.; LIMONS, D.B. Mapping landslide hazards in forest watershed. *Journal of Geotechnical Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 108, 1982. p.319- 324.
- WIECZOREK, G.F. Preparing a Detailed Landslide- inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction. *Bulletin Association of Engineering Geologists*, 21. 1984. p.337- 342
- XAVIER-DA- SILVA, J. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: Ed. do autor, 2001. 228p.
- ZAIDAN, R.T.; MACIEL, D.M.G.; MARTINS, L.A.; ROCHA, G.C. Distribuição Anual das Chuvas no Século Passado: uma contribuição para o planejamento urbano de Juiz de Fora – MG. Revista com os Anais da XI Jornada de Iniciação Científica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. V11, n.2. Seropédica – Rio de Janeiro: Editora Universitária, 2001. p. 259- 64.