

PROBABILIDADE À OCORRÊNCIA DE ESCORREGAMENTOS NA BACIA DO CÓRREGO MATIRUMBIDE, JUIZ DE FORA, MG, A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO MODELO SINMAP

Marcelle Gualtieri Honório Pechincha

Mestre, Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGeo/UFJF. Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário – Universidade Federal de Juiz de Fora. Bairro São Pedro - CEP: 36036-900 - Juiz de Fora/MG
E-mail: mgualtieri24@gmail.com

Ricardo Tavares Zaidan

Prof. Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora – Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário – Bairro São Pedro CEP: 36036-900 – Juiz de Fora/MG
E-mail: ricardo.zaidan@uff.edu.br

Resumo

No Brasil, tem-se a grande influência de processos naturais como os escorregamentos, característicos de áreas morfologicamente declivosas. Em áreas urbanas adensadas este processo acarreta na geração de risco para a população residente em áreas de encosta. Desta forma, estudos voltados ao monitoramento e previsão destes eventos se tornam necessários, uma vez que podem evitar posteriores perdas e danos, materiais e humanos. Existem algumas metodologias de previsão de escorregamentos, através da utilização de modelos matemáticos e operacionalizadas através de ambiente SIG. Desta forma, a presente pesquisa buscou analisar a probabilidade a ocorrência de escorregamentos na Bacia do Córrego Matirumbide, no município de Juiz de Fora, MG, através da utilização do modelo matemático estatístico de previsão SINMAP. Foi necessária, além da elaboração do mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos, a sua validação através da coleta de cicatrizes em campo. Quanto à validação, o resultado gerado pelo SINMAP foi satisfatório, uma vez que teve acerto em 100%. Quanto à probabilidade, a área de estudo foi considerada parcialmente instável, totalizando 40% da área com alta ou média instabilidade. A presença destas áreas foi relacionada principalmente com a morfologia do terreno, através do grau de declividade. O SINMAP mostrou ser um modelo pertinente, podendo subsidiar através dos seus resultados pesquisas sobre zoneamento de risco.

Palavras-chave: Escorregamentos, Modelagem, Matirumbide.

Abstract

In Brazil, there is a great influence of natural processes such as landslides, characteristic of morphologically hilly areas. Densely populated in urban areas shows that this process involves the generation of risk to residents in hillside areas. Thus, studies aimed at monitoring and forecasting these events become necessary, since that would avoid further damages, material and human. There are some methodologies for forecasting landslides, through the use of mathematical and operationalized by GIS models. Thus, the present study aimed to analyze the probability of the occurrence of landslides in Watershed of Matirumbide Stream, in the city of Juiz de Fora, MG, using statistical mathematical prediction through model SINMAP. It was, required in addition to completion of an occurrence of landslide probability map, its validation by collecting landslides scars on the field. As validation, the output made by SINMAP was satisfactory, since it had hit 100%. As to the probability, the study area was considered partially unstable, totaling 40% of the area with high or medium instability. The presence of these areas was mainly related to the morphology of the land, through the degree of slope. The SINMAP proved to be a relevant model and could subsidize through their research results on risk zoning.

Keywords: Landslides, Modeling, Matirumbide

Introdução

Atualmente, identifica-se a presença de inúmeros eventos naturais, nos quais quando relacionados, em grande parte, às áreas com maiores densidades de ocupações, como os grandes centros urbanos, desencadeiam acidentes¹, nos quais trazem, por muitas vezes, risco ao local onde tais fenômenos podem acontecer com maior frequência.

No Brasil, os eventos naturais mais impactantes são os relacionados às inundações e aos movimentos de massa. Eles acontecem de forma independente e são desencadeados naturalmente, sendo parte dos processos da dinâmica superficial da Terra. Porém, quando são caracterizados como fenômenos que trazem risco² estão relacionados principalmente ao modo de ocupação do terreno, no qual pode potencializar estes eventos.

Para o presente estudo, dá-se ênfase aos movimentos de massa, particularmente aos escorregamentos, onde no Brasil são eventos frequentes, principalmente nas épocas do ano com maior nível de precipitações. Segundo Fernandes e Amaral (2006), os movimentos de massa seriam, assim como outros processos da dinâmica externa terrestre, processos que modelam a paisagem, sendo induzidos principalmente pela gravidade. No entanto, em áreas adensadas, este processo causa prejuízos à sociedade, através de perdas econômicas e humanas.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de prever as ocorrências de escorregamentos e, assim, possibilitar a prevenção futura de acidentes. Algumas são identificadas através da utilização de métodos de previsão a ocorrência de escorregamentos através de modelos matemáticos de base física em ambiente SIG (ZAIDAN e FERNANDES, 2009).

No Brasil, alguns modelos matemáticos de base física já foram utilizados em pesquisas, como os modelos determinísticos, através da determinação de áreas susceptíveis a escorregamentos (RAMOS et al, 2002; ZAIDAN e FERNANDES, 2009; GUIMARÃES et al, 2009, ZAIDAN e XAVIER-DA-SILVA, 2010), assim como os modelos probabilísticos, nos quais representam a probabilidade de ocorrência dos escorregamentos (VESTENA, 2010; MICHEL, 2011 e NERY, 2011).

Na cidade de Juiz de Fora são frequentes os

¹ O termo acidente seria definido quando “a ocorrência de um fenômeno geológico pode gerar perdas e danos materiais e humanos” (CERRI e AMARAL, 1998).

² Define-se risco como sendo “uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não” (CERRI e AMARAL, 1998).

casos de escorregamentos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2000), entre o período de 1984/1985 e 1990/1991, totalizaram-se 985 escorregamentos de pequena magnitude³ no município de Juiz de Fora. Estes casos foram contabilizados pela Defesa Civil do município, onde as bacias hidrográficas que mostraram as maiores ocorrências foram as: Bacia do Córrego Yung (286), Bacia do Córrego Matirumbide (209) e Bacia do Córrego Independência (154). Alguns estudos já foram feitos utilizando modelos matemáticos de base física na Bacia do Córrego Independência (ZAIDAN e FERNANDES, 2009) e na Bacia do Córrego Yung (FARIA, 2013). Ambos os trabalhos utilizaram como modelo para previsão de escorregamentos o MODELO SHALSTAB – *Shallow Landsliding Stability Model* (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994; DIETRICH e MONTGOMERY, 1998), classificado como um modelo matemático determinístico, viabilizando a classificação de áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais rasos.

Desta forma, o presente trabalho buscou analisar a probabilidade a ocorrência de escorregamentos translacionais para a Bacia do Córrego Matirumbide. O modelo utilizado foi o SINMAP – *Stability Index Mapping* (PACK et al, 1998), probabilístico, configurado e manipulável em ambiente SIG. Para que se pudesse chegar ao objetivo proposto foi necessário gerar o mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos através do SINMAP e validá-lo através da coleta de cicatrizes em campo.

Área de Estudo

A Bacia do Córrego Matirumbide está localizada entre as coordenadas geográficas 43°21'30" W – 43°20'30" W e 21°44'30" S – 21°42'30" S, dentro do perímetro urbano do Município de Juiz de Fora/MG, compreendendo 4,42 Km² (Figura 1).

O município está localizado em uma área compreendida pelas faixas de dobramentos remobilizados das Serras da Zona da Mata Mineira, na região da Mantiqueira Setentrional, sendo uma região caracterizada por relevo ondulado, com ocorrências de colinas e morros. O principal rio é o Rio Paraibuna, que corta o município sentido NW-SE. A Bacia do Córrego Matirumbide é um dos afluentes diretos deste rio.

³ O desencadeamento de processos como escorregamentos de pequena magnitude nesta região se dá pela relação com o mau uso do solo urbano, como: “implantação de loteamentos em ambientes acidentados carentes de infraestrutura; execução de movimentação de terra com sistema deficiente de drenagem de águas pluviais” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE et al, 2000).

Probabilidade à ocorrência de escorregamentos na bacia do córrego Matirumbide, Juiz de Fora, MG, a partir da utilização do modelo Sinmap

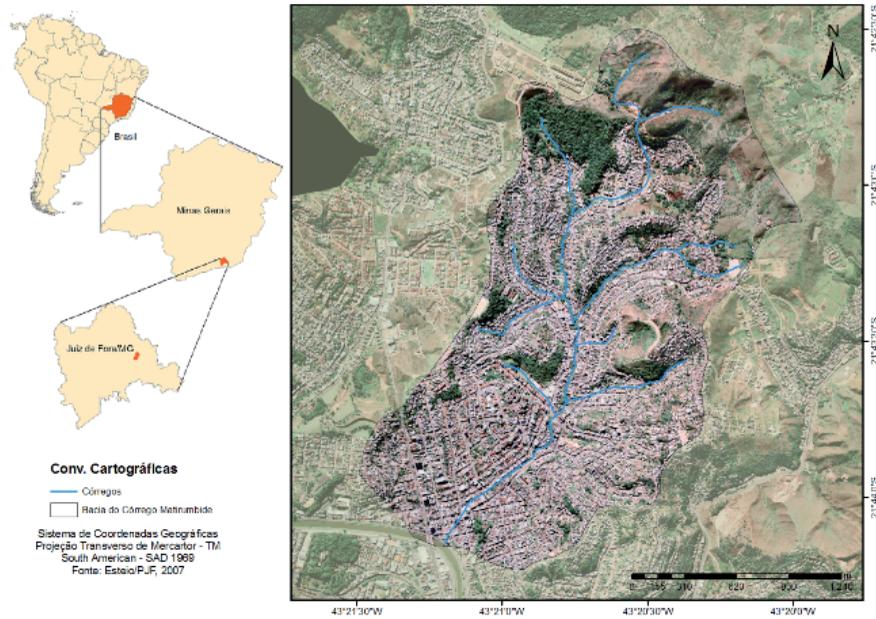


Figura 1 – Localização da Bacia do Córrego Matirumbide, Juiz de Fora, MG.

À jusante da Bacia do Córrego Matirumbide há um maior adensamento da ocupação, ganhando diferentes usos à medida que vai para montante. Esta área adensada tem como característica ocupações que ganharam espaço nas encostas íngremes, principalmente quando se trata de famílias de renda média-baixa e renda baixa.

A bacia, por sua ocupação inadequada, é cenário de inúmeras ocorrências de escorregamentos de

pequena magnitude (CEREZO, 2007; SILVA, 2008). Além dos problemas dados aos escorregamentos, esta área da cidade tem uma significativa densidade demográfica. O adensamento urbano relacionado às características morfológicas, pedológicas e climatológicas nesta região caracteriza a área pela disposição a processos como os escorregamentos (figuras 2a e 2b).



Figura 2a e 2b – Deslizamentos ocorridos nas intermediações da Bacia do Matirumbide. Fonte: Tribuna de Minas, 2013; CBN Foz, 2013.

Os solos desta área são caracterizados por serem Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa e Latossolo Amarelo distrófico de textura muito argilosa, sendo estas classificações encontradas em uma proporção 60% e 40%, respectivamente (MINAS GERAIS, 2010). Essa classificação mostra que a área de pesquisa é caracterizada por solos mais espessos. Porém, uma vez que a área tem solos profundos, como os Latossolos, o mesmo pode ter descontinuidades entre horizontes, sendo uma exceção à descontinuidade solo-rocha em solos mais rasos. Assim, há a influência da dinâmica hidráulica no solo através da capacidade de infiltração e o escoamento sub-superficial, podendo-se ter influência na geração de planos de ruptura, diminuindo a resistência ao cisalhamento nas áreas de contato.

O regime pluviométrico da região, influenciado pelo clima da região Cwa, tropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente e úmido, com temperaturas superiores a 22°C, é concentrado nos meses de outubro a março e, segundo Ferreira (2012), justifica 84% da precipitação anual em toda a cidade de Juiz de Fora, totalizando em média 1302,16mm. Este quadro climatológico influencia o aumento do peso específico do solo através da introdução de água pelas precipitações, favorecendo o deslocamento da água no solo e o deslocamento da massa pela gravidade.

Materiais e Métodos

Para a elaboração do mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos

Para a criação do mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos foram utilizadas como base imagens aerofotogramétricas e as curvas de nível da área de estudo, com equidistância de 1m, obtidas pelo perfilamento a laser LIDAR, ambos os produtos executados pela empresa ESTEIO em 2007 e cedidas pela Defesa Civil/PJF; dados primários coletados por GPS e auxílio de inspeções de campo.

Primeiramente, interpolaram-se as curvas de nível para a geração do modelo digital do terreno. Este MDT serviu como uma das bases de entrada no SINMAP (PARK et al, 1998), programado no software ArcGIS. O SINMAP, que está relacionado a fatores hidrológicos e a fatores relacionados à fragilidade do solo, teve como parâmetros de entrada os relacionados à precipitação da região, ao tipo de solo e ao relevo. Condicionado às características da área de estudo como o clima, utilizou-se dados pluviométricos dos dias 10/12/2013 e 25/12/2013, nos quais foram considerados os dias mais

críticos do ano de 2013, totalizando 59,4mm e 87,2mm, respectivamente. Já os parâmetros relacionados aos solos, foram condicionados a valores encontrados em pesquisas feitas em ambiente similar à área de estudo, nas quais se mostrou a compatibilização do tipo de solo, que tiveram resultados satisfatórios e adequados para a inserção nesta pesquisa (tabela 1). Foram utilizados como valores de entrada do modelo medidas já calculadas e publicadas (ROCHA et al, 2002; SILVA, 2013; SILVA e CARVALHO, 2007).

Tabela 1: Valores de entrada do modelo SINMAP.

Parâmetros do SINMAP	Valores:		Referências utilizadas
	LVA _d (60%)	LAd (40%)	
Densidade da água (Kg/m ³)	1 x 10 ³	1 x 10 ³	Constante universal
Ângulo de atrito interno do solo (°)	11,3	36	Rocha et al (2002); Silva e Carvalho (2007).
C = Coesão do solo	0,54	0,57	Rocha et al (op. cit.); Gibertoni et al (2011); Carvalho et al (2010)
ρ_s = densidade do solo (kg/m ³)	1,31 x 10 ³	1,35 x 10 ³	Rocha et al (op. cit.).
g = aceleração da gravidade (m/s ²)	9,81	9,81	Constante universal
T/R (m)	52 303	52 303	Silva (2013); INMET (2013).

Fonte: vários autores.

Os resultados gerados pelo SINMAP foram apresentados através de seis classes automaticamente elaboradas, sendo três classes indicando favorabilidade à estabilidade (estável, moderadamente estável, quase estável), e outras três classes indicando favorabilidade à instabilidade (baixo limiar de instabilidade, alto limiar de instabilidade, instável).

Convencionou-se reclassificar o mapa gerado pelo SINMAP em três classes, de modo a representar o grau de instabilidade, de acordo com o fator de segurança⁴: baixa instabilidade (valores acima de 1, indicando as classes com favorabilidade a estabilidade), média instabilidade (valores entre 0,1 e 1, indicando valores de baixo e alto limiar de instabilidade) e alta instabilidade (valores iguais a 0, indicando a classe instável).

⁴ Através da concepção de estabilidade representada por Gerscovich (2012), entende-se que ocorre estabilidade de uma encosta quando o fator de segurança, determinado pela relação entre forças de ruptura do solo e forças de coesão do solo, é maior que 1, ou seja, as forças de coesão do solo sobressaem às forças de ruptura. Quando o fator de segurança se iguala ou é menor que 1, considera-se o terreno instável.

Após a geração do mapa com a inserção dos parâmetros relatados acima, considerou-se a posterior validação do modelo através do mapeamento das pequenas cicatrizes de escorregamentos encontradas a partir das análises de levantamento aerofotogramétrico, além dos levantamentos em campo. A validação dos resultados gerados pelo SINMAP aconteceria se os pontos de cicatrizes coincidissem com as áreas classificadas pelo SINMAP com o fator de segurança menor que 1, ou seja, média e alta instabilidade (baixo limiar de instabilidade, alto limiar de instabilidade e instável).

As cicatrizes coletadas em campo foram classificadas de três formas: naturais, quando se julgou que o evento foi ocasionado por condições naturais; induzidas, quando se julgou que o evento foi ocasionado por uso antrópico; e duvidosas, quando não se soube qual a origem do evento. Esta classificação deu suporte a uma melhor validação do modelo, já que se tem maior confiabilidade nas cicatrizes que foram ocasionadas de forma natural, indicando uma melhor relação com as áreas de maior instabilidade.

Considerou-se o modelo como validado, através da presença de valor percentual satisfatório de cicatrizes que se encontraram em áreas com valores de fator de segurança menor que 1, ou seja, com média ou alta probabilidade a instabilidade.

Resultados e Discussão

Mapa de Probabilidade a ocorrência de escorregamentos

Identificou-se que as áreas com maiores níveis de instabilidade estavam contidas na porção leste e norte da bacia (figura 3). Estas áreas são caracterizadas através de maiores valores de declividade, o que identificou a importância deste aspecto no resultado da análise de instabilidade gerada pelo modelo. A porção norte da bacia mostrou ser uma área com poucas ocupações urbanas, identificando áreas instáveis em usos da terra como vegetação rasteira e mista. Já a porção leste é caracterizada por um maior adensamento de ocupações urbanas, apontando áreas de instabilidade em regiões de moradias.

Consideraram-se alguns parâmetros de influência na área de estudo. O primeiro seria o relacionado à profundidade do solo, pois no cálculo feito pelo modelo através da coesão, a profundidade do solo estaria diretamente relacionada ao peso do solo. Desta forma, quanto maior fosse a profundidade, maior seria o peso do solo e, conseqüentemente, esta característica da área seria uma das causas para a perda da resistência do solo e a diminuição da coesão, principalmente em épocas de intensas precipitações.

Além do parâmetro relacionado à profundidade do solo, o parâmetro relacionado à declividade também influenciou no resultado da análise de instabilidade e a representação das áreas com probabilidade a ocorrência de escorregamentos. As áreas com maiores níveis de instabilidade foram as áreas onde ocorreram maiores graus de declividade. Estas áreas foram encontradas principalmente na porção norte e leste da bacia.

As áreas à jusante foram caracterizadas como áreas com baixa instabilidade, correspondendo ao nível mais recorrente da bacia. O próprio tipo de solo justificou a maior recorrência deste nível de instabilidade da região. Os Latossolos seriam solos com altas taxas de coesão real, principalmente nos horizontes A e B, quando secos. Quando úmidos, diminuem a coesão real, porém aumentam a coesão aparente, caracterizada pela ligação intergranular. Isto significa que os possíveis escorregamentos desta região seriam ocasionados principalmente quando o solo ultrapassaria seu limite de saturação, em áreas declivosas. Isso quer dizer que quando o solo ultrapassasse seu limite de saturação, perderia a força da coesão aparente, que existiria somente quando o solo estivesse úmido, e perderia a coesão real, pois aumentaria o peso do solo e, conseqüentemente, a força da gravidade superaria a resistência ao cisalhamento. Desta forma, além da espessura do solo e da declividade, os períodos de elevadas precipitações caracterizaria uma maior vulnerabilidade para este tipo de solo nesta região.

O resultado gerado pelo SINMAP foi validado através da pontuação de algumas cicatrizes de escorregamentos que foram coletados em campo. As coletas foram feitas na porção leste da bacia (figura 4). Não foram encontrados registros de cicatrizes em outras áreas da bacia, pela mesma ter sua superfície essencialmente ocupada por moradias e/ou estabelecimentos. Desta forma, algumas cicatrizes poderiam ter sido omitidas com a presença das ocupações.

Foram marcados 14 pontos com cicatrizes na porção leste da bacia. Destes 14 pontos, a maior parte se localizou em áreas de alta instabilidade com 11 acertos, seguido em áreas de média instabilidade com 3 acertos e nenhum acerto em áreas de baixa instabilidade (tabela 2).

Tabela 2: Percentual de cicatrizes e área de estudo.

	Baixa Instabilidade	Média Instabilidade	Alta Instabilidade	Total
Área (Km ²)	2,63	1,64	0,148	4,42
% da região	59,50	37,14	3,36	100
nº cicatrizes	0	3	11	14

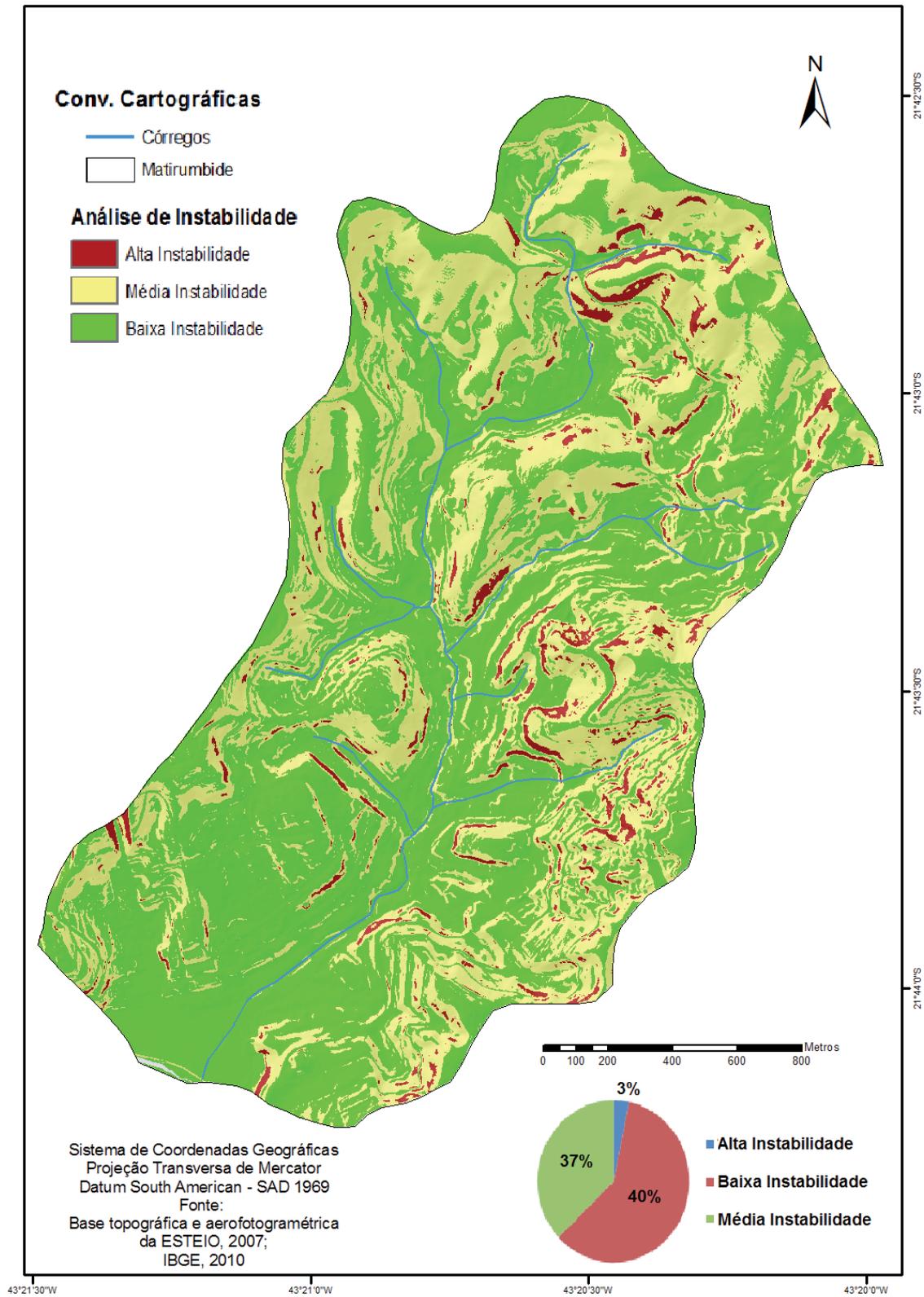


Figura 3 – Mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos na Bacia do Córrego Matirumbide.

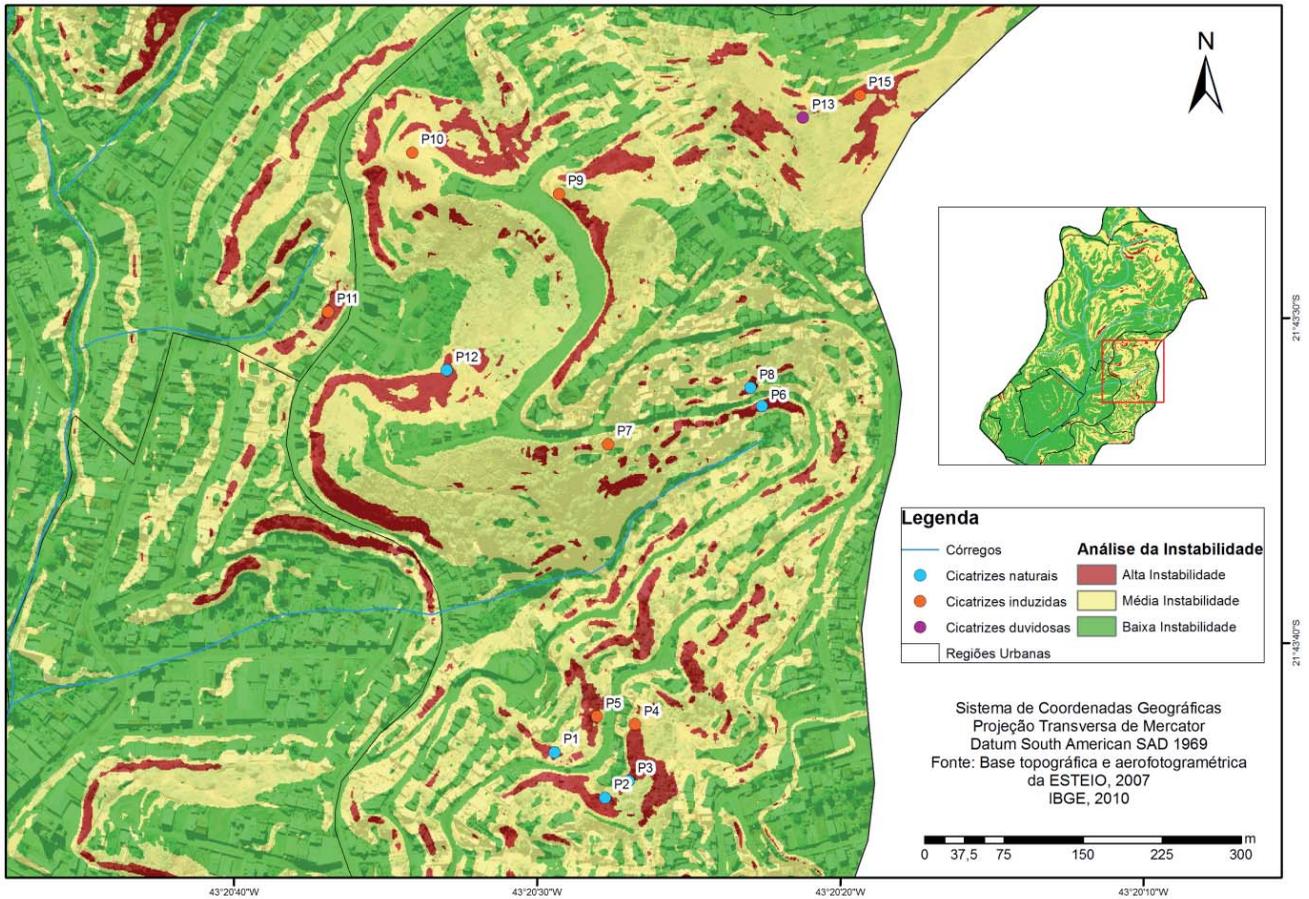


Figura 4 – Localização de cicatrizes coletadas em campo.

A partir da classificação das cicatrizes de escorregamentos (natural, antrópica e duvidosa), constatou-se que todas as cicatrizes naturais foram localizadas em classes de instabilidade, tanto alta, quanto média (baixo limiar de instabilidade, alto limiar de instabilidade e instável). Desta forma, houve um acerto de 100%, considerando que tais classes podem ser classificadas com baixo fator de segurança, menor que 1 (figuras 5a e 5b).



Figuras 5a e 5b – Cicatrizes encontradas em áreas de alta instabilidade, predominando a acentuada declividade.

Conclusões

Quanto à representação do relevo para a utilização do SINMAP, o material utilizado, proveniente de levantamento LIDAR, apresentou resultados satisfatórios, visto que, apesar do número reduzido de cicatrizes de registros pretéritos de escorregamentos, devido ao alto percentual de ocupação da bacia, e sua comparação com os resultados do modelo de previsão de ocorrência de escorregamentos, SINMAP, resultou num acerto de 100%. Desta forma, conclui-se que o modelo foi validado.

As áreas com maior probabilidade a ocorrência de escorregamentos foram encontrados onde há acentuada declividade. Quanto à probabilidade, a área de estudo foi considerada parcialmente instável, uma vez que apenas as áreas com alta declividade condicionaram a uma alta instabilidade. Conclui-se que o SINMAP mostrou resultado satisfatório para a pesquisa. Além de se apresentar como um modelo de baixo custo e rapidez operacional.

Os resultados gerados pelo SINMAP para previsão de escorregamentos, por sua vez, podem ser utilizados para futuras pesquisas que buscam o zoneamento de risco para a população, relativo aos processos de escorregamentos, através da sua relação com a disposição espacial do uso, ocupação e cobertura da terra.

Referências bibliográficas

CEREZO, A. O. Chuvas em Juiz de Fora: número de registros é o maior nos últimos 10 anos na Defesa Civil. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 19 de janeiro de 2007. Caderno Geral, p. 4.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential**. National Council for Air and Stream Improvement. February 1, 1998. p.26.

FARIA, R. L. **Zoneamento da susceptibilidade à ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego do Yung**. (Dissertação). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 6ª Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2006.

FERREIRA, C. C. M. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz De Fora – MG: eventos extremos e impactos hidro meteorológicos. In: **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.953 – 963, 2012.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de Taludes**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2012. v. 1. 158p

GIBERTONI, R.C.; PINTO, R. B.; FIGUEIRA, I. F. R.; KAN, A.; DARU, R. L.; VERONEZ, O. Avaliação da estabilidade de bordas de reservatório - Aprimoramento dos resultados através da inserção de informações de campo. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, novembro de 2011. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/xixsbrh/>. Acesso em: 08 Jan 2014.

GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, S. N.; FERNANDES, N. F. Análise temporal das áreas susceptíveis a escorregamentos

rasos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ) a partir de dados pluviométricos. In: **Revista Brasileira de Geociências**, volume 39, número 1, 2009 (p. 190 – 198).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 2ª ed. Manuais técnicos em Geociências, número 7. Rio de Janeiro, 2006.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos de Juiz de Fora**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 08 Jan 2014.

MICHEL, G. P. **Estudo de escorregamentos na Bacia do Rio Cunha, Rio dos Cedros, SC, com os modelos SHALSTAB e SINMAP**. (Monografia). Universidade Federal de Santa Catarina, 2011

MINAS GERAIS, Sistema Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais - Legenda Expandida**, 2010. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/docs/Legenda%20expandida-Mapa%20de%20Solos.pdf>. Acesso em 05 set 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul**. (Relatório). Fevereiro de 2000. Disponível em: <http://www.hidro.ufjf.br/ppg/relatorios%5Cpgg-re-34.pdf>. Acesso em 03 Feb 2014.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds. In: KIRKBY, M.J. **Process Models and Theoretical Geomorphology**. Booknews. Reino Unido, 1994.

NERY, T. D. **Avaliação da susceptibilidade a escorregamentos translacionais rasos na Bacia da Ultrafértil, Serra do Mar (SP)**. (Dissertação). Universidade de São Paulo, 2011.

PACK R.T., TARBOTON D.G., GOODWIN C.N.. **Terrain stability mapping with SINMAP, technical description and users guide for version 2.00**. Report Number 4114-0, Terratech Consulting Ltd., Salmon Arm, Canada, 1998. (68 p.).

RAMOS, V. M.; GUIMARÃES, R. F.; REDIVO, A. L.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Aplicação do modelo SHALSTAB em ambiente ArcVIEW para o mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento raso na região do Quadrilátero Ferrífero. In: **Espaço e Geografia**, volume 5, número 1, 2002 (p. 49 – 67).

ROCHA, W. W.; DIAS JUNIOR, M. S.; LIMA, J. M.; MIRANDA, E. E. V.; SILVA, A. R. Resistência ao cisalhamento e grau de intemperismo de cinco solos na região de Lavras (MG). In: **Revista Brasileira de Solos**, volume 26, 2002 (p. 297-303).

SILVA, A. J. N.; CARVALHO, F. G. Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo de tabuleiro costeiro. In: **Revista Brasileira de Solos**, volume 31, 2007 (p. 853 – 862).

SILVA, J. Cidades arrasadas pelas chuvas contabilizam prejuízos. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 20 de dezembro de 2008. Caderno Geral, p. 4.

SILVA, T. M. G. **Caracterização do sistema aquífero parecis na região centro-norte do estado de Mato Grosso: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos**. (dissertação). Universidade de Brasília – Unb, 2013 (98 p.).

VESTENA, R. L. Mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos na Bacia Hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner, SC. In: **Revista Mercator**, volume 9, número 19, 2010 (p. 175 – 190).

ZAIDAN, R. T.; FERNANDES, N. F. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, volume 10, fascículo 2, 2009 (57 – 76).

ZAIDAN, R. T.; XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. 4ª Edição, Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2010.