

# Zoneamento de Risco à ocorrência de escorregamentos: uma aplicação na bacia do Córrego Matirumbide, Juiz de Fora, MG

Marcelle Gualtieri Honório Pechincha\*  
Ricardo T. Zaidan\*\*

\* Geógrafa (UFJF). Mestre em Geografia (UFJF).

\*\* Geógrafo (UFJF). Mestre em Ciências Ambientais e Florestais (UFRRJ). Doutor em Geografia (UFRJ). Professor da UFJF.

---

**Resumo** No Brasil, tem-se a grande influência de processos naturais como os escorregamentos, característicos de áreas morfológicamente declivosas, na modelagem da superfície terrestre. 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 evitariam 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 representação espacial do risco 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. Para que a representação do risco pudesse ser feita foi necessária a elaboração do mapa do uso, ocupação e cobertura da terra, assim como o mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos. A partir da sobreposição destes dois mapas puderam ser representadas as áreas de risco da bacia, assim como a representação da instabilidade de áreas a partir da relação com a ocupação do terreno e com os processos e dinâmicas superficiais da terra. O mapa final mostrou que 24% da bacia foi caracterizada com alto risco a ocorrência de escorregamentos. A presença destas áreas foi relacionada principalmente pela morfologia do terreno, através do grau de declividade, e a presença de ocupações de baixo padrão infra-estrutural ao longo das áreas de risco. O resultado final mostrou que parte da bacia se caracterizou através da relação da fragilidade social atrelada às ocupações em áreas de risco. Além disso, o SINMAP mostrou ser um modelo pertinente para auxiliar a representação de áreas de risco e sua posterior análise.

**Palavras-chave:** escorregamentos, modelagem, matirumbide.

---

## 1. 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 acidentes<sup>1</sup>, 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 risco<sup>2</sup> 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 determinísticos, através da determinação de áreas susceptíveis a escorregamentos (Ramos *et al.* 2002; Zaidan e Fernandes 2009; Guimarães *et al.* 2009; Xavier-da-Silva e Zaidan, 2010), assim como os probabilísticos, nos quais representam a probabilidade de ocorrência dos escorregamentos (Vestena 2010; Michel 2011 e Nery 2011).

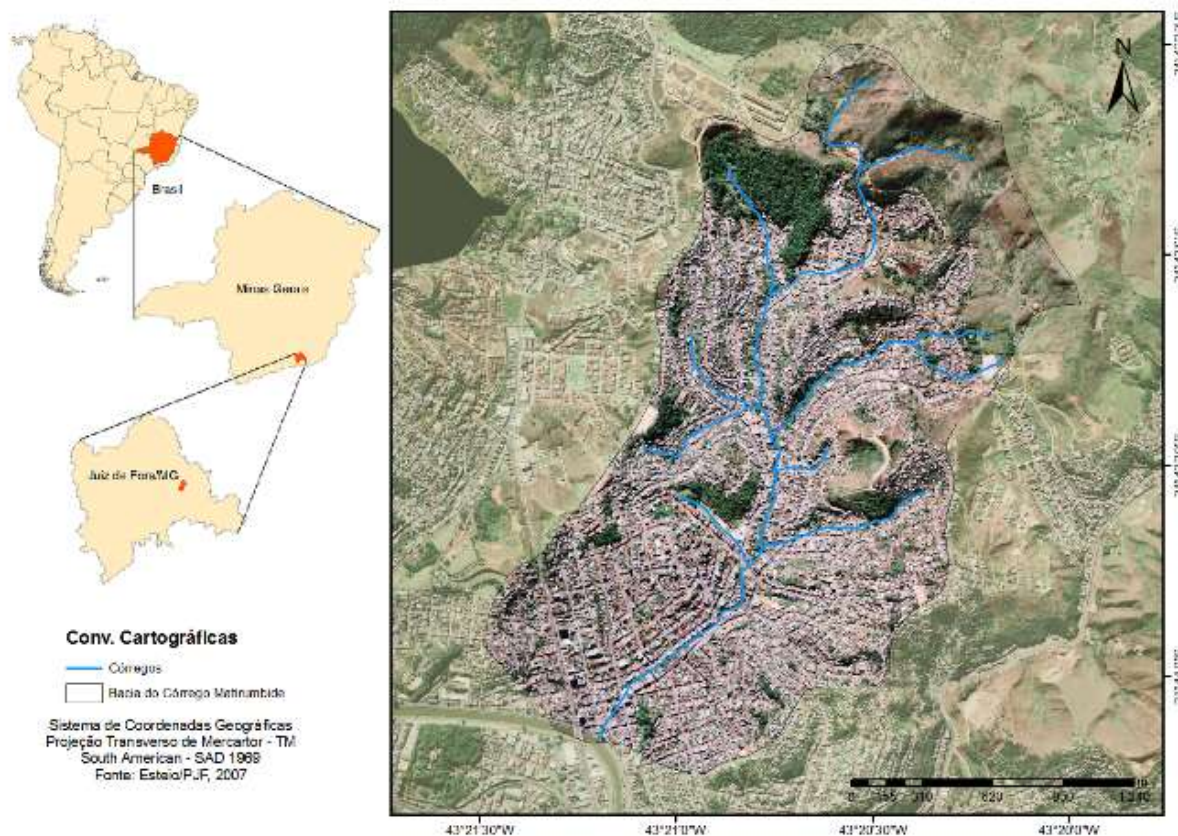
Na cidade de Juiz de Fora são frequentes os casos de escorregamentos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2000), entre o período de 1984/1985 e 1990/1991, totalizaram-se 985 pequenos escorregamentos<sup>1</sup> no município de Juiz de Fora. Estes casos foram contabilizados pela Defesa Civil do município, 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 2015) 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 representar e analisar o zoneamento de risco a ocorrência de

escorregamentos translacionais para a Bacia do Córrego Matirumbide. O modelo utilizado para a representação das áreas de probabilidade a ocorrência de escorregamentos foi o modelo probabilístico SINMAP – Stability Index Mapping (Pack *et al* 1998), configurado e manipulável em ambiente SIG. Para que se pudesse chegar ao objetivo proposto foi necessário mapear o uso, ocupação e cobertura da terra para a Bacia; gerar o mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos através do SINMAP; para, ao final, ser gerado o mapa das áreas de risco a ocorrência de escorregamentos.

## 2. Área de estudo

A Bacia do Córrego Matirumbide está localizada entre as coordenadas geográficas 43o21'30" W – 43o20'30" W e 21o44'30" S – 21o42'30" S, dentro do perímetro urbano do Município de Juiz de Fora/MG, compreendendo 4,42 Km<sup>2</sup>.



**Figura 1:** Localização da Bacia do Córrego Matirumbide, Juiz de Fora, MG.  
Fonte: Elaboração própria

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.

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 palco de inúmeras ocorrências de escorregamentos de pequenas proporções (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<sup>3</sup>.



**Figura 2a e 2b:** Escorregamentos 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% de 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.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Elaboração do mapa de uso, ocupação e cobertura da terra

Para tal mapa ser elaborado foi feita uma análise visual através das imagens aerofotogramétricas feitas pela empresa

ESTEIO em 2007, cedidas pela Defesa Civil/PJF juntamente com visitas a campo, para conferências e algumas atualizações, na área compreendida pela Bacia do Córrego Matirumbide. A imagem aerofotogramétrica foi previamente mosaificada. Cada imagem possui resolução espacial de 0,2 metro.

Convencionou-se a classificação de uso, ocupação e cobertura da terra de acordo com o proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE 2006), seguindo algumas adaptações para a área de estudo e para a escala a ser utilizada.

#### 3.2 Elaboração do mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos

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

Primeiramente, interpolaram-se as curvas de nível no modelo de interpolação 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. Foram utilizados como valores de entrada (tabela 1) do modelo medidas já calculadas e publicadas (Rocha *et al.* 2002; Silva 2013; Silva e Carvalho 2007).

Parâmetros do SINMAP	Valores		Referências utilizadas
	LVAd (60%)	LAd (40%)	
Densidade da água (Kg/m <sup>3</sup> )	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	Constante universal
Ângulo de atrito interno do solo (°)	11,3	36	Rocha <i>et al</i> (2002); Silva e Carvalho (2007).
C = Coesão do solo	0,54	0,57	Rocha <i>et al</i> (op. cit.); Gibertoni <i>et al</i> (2011); Carvalho <i>et al</i> (2010)
$\rho_s$ = densidade do solo (kg/m <sup>3</sup> )	1,31 x 10 <sup>3</sup>	1,35 x 10 <sup>3</sup>	Rocha <i>et al</i> (op. cit.).
g = aceleração da gravidade (m/s <sup>2</sup> )	9,81	9,81	Constante universal

**Tabela 1** – Valores de entrada do modelo SINMAP.

Fonte: elaboração própria.

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 segurança<sup>2</sup>: 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).

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 (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 ter acontecido. 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, com a presença de valor percentual satisfatório de cicatrizes que se encontraram em áreas com valores de fator de segurança menor que 1, ou seja, com probabilidade a instabilidade.

### 3.3 Elaboração do mapa de risco a ocorrência de escorregamentos

Para a criação do mapa de riscos a ocorrência de escorregamentos foram utilizados o mapa de uso, ocupação e cobertura da terra e o mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos, sendo feito um cruzamento dos mapas através da sobreposição ponderada, disponível no ArcGIS.

A ponderação dos mapas na sobreposição se deu em 50% para cada uma delas. Já as classes de valores encontradas nas legendas de cada mapa receberam valores distintos. A heterogeneidade de valores foi necessária, uma vez que para gerar distintas classes para o mapa sobreposto seria necessário pontuar as classes de forma que o novo mapa tivesse a influência de cada classe (Tabela 2).

Mapa	Classes	Valores Ponderados
Instabilidade	Alta Instabilidade	9
	Média Instabilidade	8
	Baixa instabilidade	7
Uso, ocupação e cobertura da terra.	Corpos D'água	1
	Área Urbana	9
	Vegetação Rasteira	3
	Solo Exposto	7
	Vegetação Arbórea	1
	Vegetação Mista	1
	Uso Agrícola	5

**Tabela 2:** Valores de classes para a sobreposição e criação do mapa de risco a ocorrência dos escorregamentos  
Fonte: Elaboração própria

Uma vez que não seria possível o uso da mesma nota para as classes, fizeram-se algumas considerações. Entendeu-se que para o mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos as classes seriam pontuadas com o mínimo de discrepância possível, porém a discrepância não foi descartada. Desta forma, as classes de alto, médio e baixo risco receberam pontuação 9, 8 e 7, respectivamente. Já para o mapa de uso, ocupação e cobertura da terra, entendeu-se que as áreas mais adensadas e povoadas seriam mais pontuadas, de acordo com o grau de risco. Assim, as áreas com ocupações urbanas receberam maior nota. Assim como, áreas inseridas nos aglomerados urbanos, como solo exposto, também receberam notas mais altas. Uma vez que estas áreas estão sujeitas aos eventos e estão próximas de áreas ocupadas, elas condicionam risco à população local. Isso quer dizer que usos que estão distantes de aglomerados urbanos receberam notas menores. Já as áreas com cobertura vegetal e corpos d'água não canalizados receberam notas pequenas, uma vez que não há alto risco por não haver aglomerados urbanos e por não condicionar quadro ao processo de escorregamentos.

Convencionou-se que os tipos de uso manipulados ou não pelo homem, próximos a áreas urbanas pudessem influenciar de alguma forma as áreas urbanizadas, gerando algum acidente, o que foi pertinente ao estudo, já que toda a bacia se encontra no perímetro urbano e contém a maior parte de sua superfície urbanizada.

Já áreas de vegetação mais densa e corpos d'água teriam menores chances de ter algum risco à ocorrência de escorregamentos, devido a maior estabilidade dada as circunstâncias de coesão aparente da cobertura vegetal e dos locais com menores valores de declividade, diminuindo as chances de perda da resistência ao cisalhamento, devido ao peso do solo e ao peso da gravidade, como encontrados nas várzeas. As áreas de ocupações urbanas seriam as mais dispostas a terem algum acidente devido à presença do risco.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Mapa de uso, ocupação e cobertura da terra

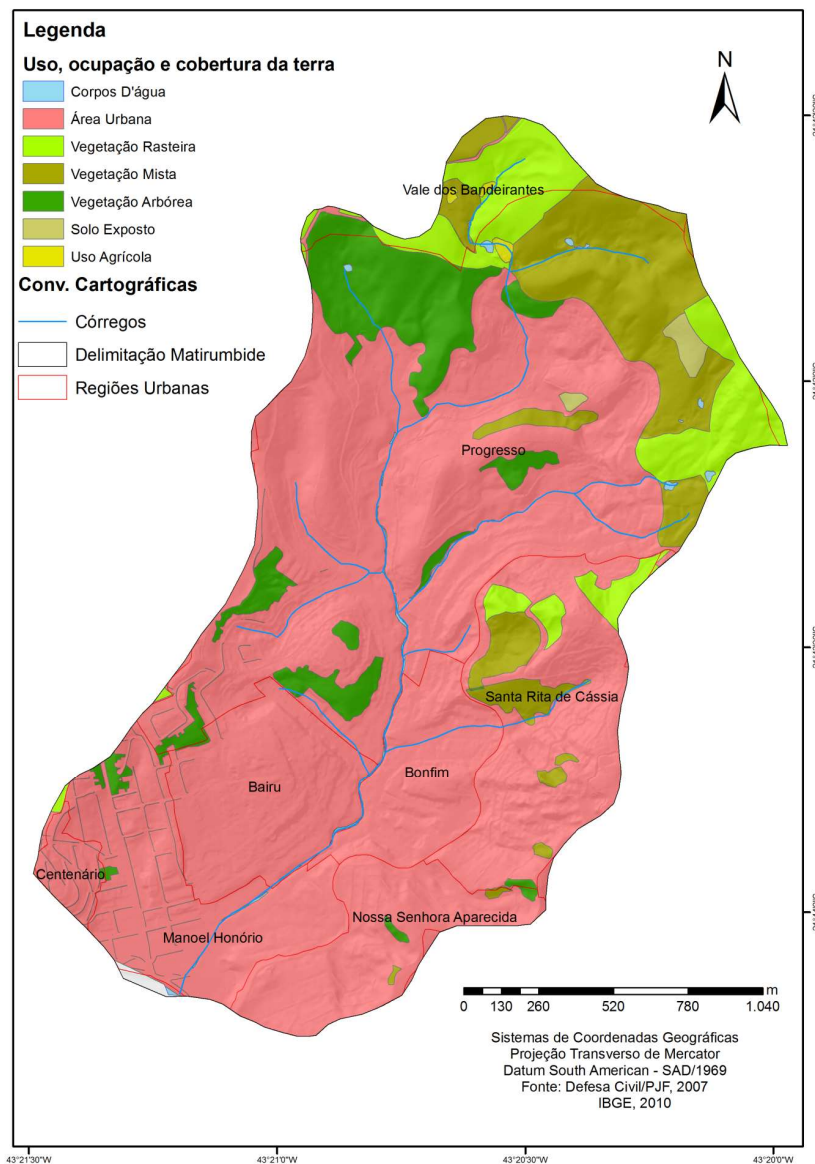
Foram encontrados sete tipos de classes de uso, ocupação e cobertura da terra: corpos d'água, área urbana, vegetação rasteira, solo exposto, vegetação arbórea, vegetação mista e área de uso agrícola (cultura de alimentos). Pode-se observar que a Bacia do Córrego Matirumbide tem a maior parte da sua superfície ocupada por área urbana (Figura 3).

As áreas cobertas pela classe vegetação rasteira mostraram a presença de pasto, mesmo sem o efetivo uso para o gado. São áreas onde não houveram edificações e adensamento urbano, com uma homogeneidade de gramíneas. Estas áreas localizam à montante da bacia, predominantemente, com exceção em algumas áreas na porção leste.

Foram consideradas áreas de solo exposto localidades com ausência de vegetação de qualquer porte, devido a diversos fatores como, por exemplo, a erosão, ou a retirada de vegetação de forma antrópica, incitando alguma modificação na região. Foram encontradas duas áreas, sendo uma ao norte e uma a leste, ambas contidas em áreas com ocupações.

As áreas com vegetação arbórea foram classificadas de acordo com a densidade de árvores, não importando-se primariamente com o tipo de mata que poderia estar consolidada nestas áreas, como matas com vegetação nativa ou matas com vegetação secundária, por exemplo. As áreas de vegetação mista seriam áreas classificadas a partir da presença em menor densidade de vegetação arbórea, sendo permeada por vegetação rasteira, como as gramíneas. Estas áreas foram encontradas principalmente ao norte da bacia e em alguns pontos a leste.

Já as áreas de uso agrícola foram consideradas aquelas nos quais puderam ser identificadas algumas plantações de alimentos hortifrutigranjeiros. Poucas áreas foram contempladas por esta classificação sendo encontradas duas ao norte da bacia.



**Figura 3:** Uso, ocupação e cobertura da terra da Bacia do Córrego Matirumbide.  
Fonte: Elaboração própria

#### 4.2 Mapa de Probabilidade a ocorrência de escorregamentos

O mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos identificou que as áreas consideradas com baixa instabilidade são as áreas com valores de instabilidade acima de 1,0. Nesta classe foram agrupadas as classes geradas pelo SINMAP - estáveis, moderadamente estáveis e quase-estáveis. As áreas consideradas com média instabilidade são áreas com valores de instabilidade menor ou igual a 1 e maior que 0. Nesta classe foram agrupadas as classes geradas pelo SINMAP - baixo limiar de instabilidade e alto limiar de instabilidade. As áreas consideradas com alta instabilidade são as áreas com valores de instabilidade iguais a 0,0. Esta classe foi relacionada com a classe gerada pelo SINMAP “instável” (Figura 4).

Identificou-se que as áreas com maiores níveis de instabilidade estavam contidas na porção leste e norte da

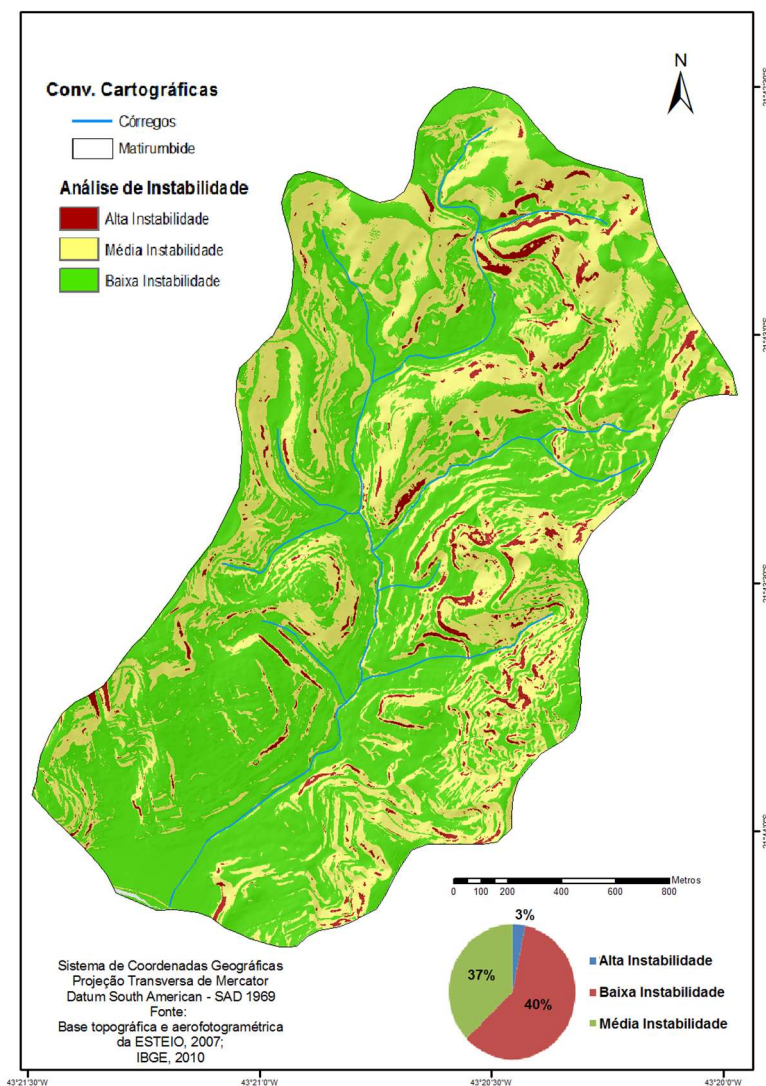
bacia. Estas áreas são caracterizadas através de maiores valores de declividade, o que identificou a importância deste aspecto no resultado da análise de instabilidade gerada pelo modelo. A porção norte da bacia mostrou ser uma área com poucas ocupações urbanas, identificando áreas instáveis em usos 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.

Considerou-se que o parâmetro de maior influência na área de estudo foi 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

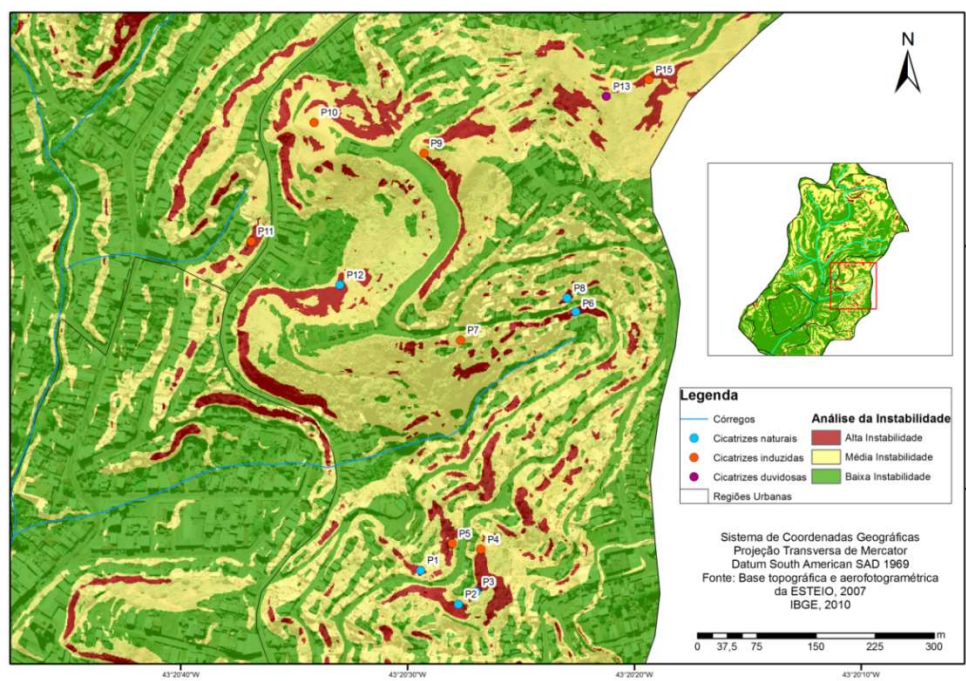
a coesão real, porém aumentam a coesão aparente, caracterizada pela ligação intergranular. Isto significa que os possíveis escorregamentos desta região seriam ocasionados principalmente quando o solo ultrapassaria seu limite de saturação, em áreas declivosas. Isso quer dizer que quando o solo ultrapassasse 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.



**Figura 4:** Mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos na Bacia do Córrego Matirumbide. Fonte: Elaboração própria

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 5). Não foram encontrados registros de

cicatrizes em outras áreas da bacia, pela mesma ter sua superfície praticamente ocupada por moradias e/ou estabelecimentos. Desta forma, algumas cicatrizes poderiam ter sido omitidas com a presença das ocupações.



**Figura 5:** Localização de cicatrizes coletadas em campo.  
Fonte: Elaboração própria

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 3).

	Baixa Instabilidade	Média Instabilidade	Alta Instabilidade	
Área (Km <sup>2</sup> )	2,63	1,64	0,148	0,48
% da região	59,50	37,14	3,36	0
nº cicatrizes	0	3	11	4

**Tabela 3:** Percentual de cicatrizes e área de estudo.  
Fonte: Elaboração própria

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.

### 4.3 Mapa de risco a ocorrência de escorregamentos

O mapa de risco a ocorrência de escorregamentos mostrou que a classe de médio risco a ocorrência de escorregamentos foi preponderante, constituindo 49% de toda a área da bacia. A classe de baixo risco correspondeu a 27% de toda a área da bacia, seguida da classe de alto risco, correspondendo a 24% da bacia (Figura 6).

A área da bacia onde houve maior representatividade de alto risco foi a parte leste, já identificada com maiores classes de instabilidade. A porção norte da bacia encontrou-se com baixo risco, devido ao menor grau de ocupação desta área e também da presença significativa de cobertura vegetal (arbórea, mista e rasteira).

Ao correlacionar os resultados do mapa de risco com os níveis de instabilidade, identificou-se que parte das áreas de baixa instabilidade mostraram ser áreas de médio risco, assim como parte das áreas de média e alta instabilidade condicionaram em áreas de alto risco.

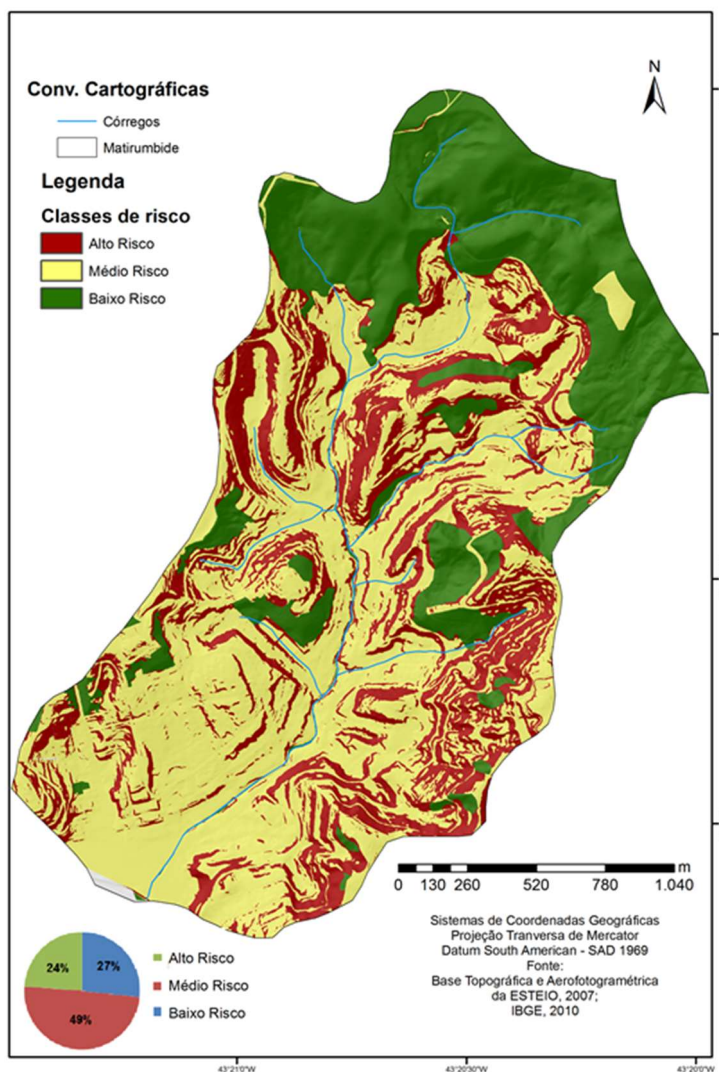
As classes de alta e média instabilidade corresponderam às três classes de maiores níveis de instabilidade gerados pelo SINMAP (instável – alta instabilidade; alto limiar de instabilidade e baixo limiar de instabilidade – média instabilidade). Na sobreposição ponderada, feita conjuntamente ao mapa de uso, ocupação e cobertura da terra, pontuaram-se com maiores valores estas duas classes, já que a maior predisposição ao processo de escorregamento



seria um dos condicionantes ao risco. Assim, pontuou-se com menor valor o nível de baixa instabilidade, no qual corresponderia aos níveis menos instáveis (estável, moderadamente estável e quase estável – baixa instabilidade).

As áreas urbanas construídas sobrepostas ao mapa de instabilidade entre as classes de média e alta instabilidade condicionaria alto risco. Já as áreas com baixa instabilidade sobrepostas às áreas urbanas construídas tenderiam a uma situação de médio risco, devido a influência da alta pontuação das áreas urbanas construídas. Uma vez que a baixa instabilidade não exclui qualquer hipótese de haver o processo de escorregamento, estas áreas ainda tenderiam a um significativo risco, mesmo que pequeno.

Desta forma, as áreas de baixo risco a ocorrência de escorregamentos foram aquelas com baixa instabilidade ou média instabilidade encontradas em áreas onde existiria qualquer tipo de uso ou cobertura vegetal, divergente da ocupação urbana consolidada. Como a área de estudo se encontra totalmente em área urbanizada, as áreas de baixo risco são poucas, com percentuais aproximados aos percentuais de alto risco e bem menores quando comparadas às áreas de médio risco. Estas áreas de baixo risco corresponderiam a áreas com proporções não significativas de acidentes, devido a ausência total ou parcial de perdas econômicas e humanas.



**Figura 6:** Classificação do risco a ocorrência de escorregamentos na Bacia do Córrego Matirumbide.  
Fonte: Elaboração própria

Este mapa pôde traduzir que as áreas com alto risco são as que correspondem a maiores possibilidades de acidentes condicionados aos processos morfodinâmicos, como os escorregamentos, que seriam maiores nestas áreas e, portanto seria maior o desconforto gerado pelo risco. Além disso, identificou-se que as áreas onde mostraram alto risco são

caracterizadas por ocupações de baixo padrão infraestrutural. Isto mostra que a população residente nestas áreas, além do risco geológico, caracteriza-se por uma vulnerabilidade social, enfatizando a ocupação do solo em áreas de encostas por população de baixa renda.

## 5. Considerações Finais

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. De maneira geral, o SINMAP mostrou resultado satisfatório para a pesquisa. Além de se apresentar como um modelo de baixo custo e rapidez operacional.

Quanto à análise do risco a ocorrência de escorregamentos, a bacia mostrou 24% do total da sua área com alto risco. As áreas com maior representatividade foram às situadas a leste da bacia, nas regiões urbanas Bonfim, Nossa Senhora Aparecida e Santa Rita. Concluiu-se que as áreas caracterizadas pelo alto risco foram as que apresentaram maior grau de declividade, atrelada ao expressivo adensamento populacional. Do mesmo modo, estas áreas foram diagnosticadas pela Defesa Civil local como áreas prioritárias para prevenção de risco.

Através da avaliação do resultado final, o resultado do SINMAP, juntamente ao uso, ocupação e cobertura da terra

contribuiu para classificação de risco a ocorrência de escorregamentos de forma consistente e representativa. Da mesma forma, o SINMAP mostrou ser um modelo que pode ser utilizado para fins de classificação e análise de risco, sendo uma ferramenta eficaz para a elaboração da representação de áreas com probabilidade a ocorrência de escorregamentos e subsídios às pesquisas preventivas.

## Notas de Fim

[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).

Para o presente trabalho, 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).

[2] O desencadeamento de processos como escorregamentos de pequenas dimensões nesta região se dá pela relação com o mau uso urbano, como: “implantação de loteamentos em ambientes acidentados carentes de infraestrutura; execução de movimentação de terra com sistema deficiente de drenagem de águas pluviais” (MMA *et al.*, 2000).

[3] 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.

---

## REFERÊNCIAS

- Cerezo AO. 2007. Chuvas em Juiz de Fora: número de registros é o maior nos últimos 10 anos na Defesa Civil. *Tribuna de Minas. Caderno Geral*.
- Cerri LES, Amaral CP. Riscos Geológicos. In: Oliveira MAS, Brito SNA. 1998. *Geologia de Engenharia*. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.
- Dietrich WE, Montgomery DR. 1998. SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential. *National Council for Air and Stream Improvement*. 1: 26.
- Faria RL. 2013. *Zoneamento da susceptibilidade à ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego do Yung*. (Dissertação). Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Fernandes NF, Amaral CP. 2006. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: Guerra AJT, Cunha SB. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 6a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro.
- Ferreira CCM. 2012. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz De Fora – MG: eventos extremos e impactos hidro meteorológicos. *Revista Geonorte* 1 (5): 953 – 963.
- Gerscovich DMS. 2012. *Estabilidade de Taludes*. Oficina de texto: São Paulo.
- Gibertoni RC, Pinto RB, Figueira IFR, Kan A, Daru RL, Veronez O. 2011. Avaliação da estabilidade de bordas de reservatório - Aprimoramento dos resultados através da inserção de informações de campo. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/xixsbrh/>. Acesso em: 08 Jan 2014.
- Guimarães RF, Gomes RAT, Carvalho Junior AO, Martins ES, Oliveira SN, Fernandes NF. 2009. Análise temporal das áreas susceptíveis a escorregamentos rasos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RJ) a partir de dados pluviométricos. *Revista Brasileira de Geociências* 39(1):190 – 198.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. *Manual técnico de uso da terra*. 2a ed. número 7. Manuais técnicos em Geociências: Rio de Janeiro.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. *Dados meteorológicos de Juiz de Fora*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 08 Jan 2014.
- Michel GP. 2011. *Estudo de escorregamentos na Bacia do Rio Cunha, Rio dos Cedros, SC, com os modelos SHALSTAB e SINMAP*. (Monografia). Universidade Federal de Santa Catarina.
- MINAS GERAIS, Sistema Estadual do Meio Ambiente. 2010. *Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais - Legenda Expandida*. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br/docs/Legenda%20expandida-Mapa%20de%20Solos.pdf>. Acesso em 05 set 2012.
- MMA. 2000. *Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul*. (Relatório). Disponível em: <http://www.hidro.ufjf.br/ppg/relatorios%5Cppg-re-34.pdf>. Acesso em 03 Fev 2014.
- Montgomery DR, Dietrich WE. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds. In: Kirkby MJ. 1994. *Process Models and Theoretical Geomorphology*. Booknews: Reino Unido.
- Nery TD. 2011. *Avaliação da suscetibilidade a escorregamentos translacionais rasos na Bacia da Ultrafértil, Serra do Mar (SP)*. (Dissertação). Universidade de São Paulo.
- Pack RT, Tarboton DG, Goodwin CN. 1998. *Terrain stability mapping with SINMAP, technical description and users guide for version 2.00*. Report Number 4114-0, Terratech Consulting Ltd., Salmon Arm, Canada.
- Ramos VM, Guimarães RF, Redivo AL, Gomes RAT, Fernandes NF, Carvalho Junior OA. 2002. Aplicação do modelo SHALSTAB em ambiente ArcVIEW para o mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento raso na região do Quadrilátero Ferrífero. *Espaço e Geografia* 5(1): 49 – 67.
- Rocha WW, Dias Junior MS, Lima JM, Miranda EEV, Silva AR. Resistência ao cisalhamento e grau de intemperismo de cinco solos na região de Lavras (MG). 2002. *Revista Brasileira de Solos* 26: 297-303.

Silva AJN, Carvalho FG. 2007. Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo de tabuleiro costeiro. *Revista Brasileira de Solos* 31: 853 – 862.

Silva J. 2008. Cidades arrasadas pelas chuvas contabilizam prejuízos. *Tribuna de Minas*, Juiz de Fora. **Caderno Geral**.

Silva TMG. 2013. *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.

Vestena RL. 2010. Mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos na Bacia Hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner, SC. *Revista Mercator* 9 (19): 175 – 190.

Zaidan RT, Fernandes NF. 2009. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). *Revista Brasileira de Geomorfologia* 10 (2): 57 – 76.

Zaidan RT, Fernandes NF. 2015. Análise de Riscos de Escorregamentos nas Encostas Edificadas da Bacia de Drenagem Urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). *Revista de Geografia - PPGEÓ – UFJF* 5 (1): 17 – 32.

Zaidan RT, Xavier da Silva J. 2010. *Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações*. 4a Edição, Bertrand Brasil: Rio de Janeiro.

# Zoning risk to the occurrence of landslides: an application on watershed of Matirumbide Stream, Juiz de Fora, MG

Marcelle Gualtieri Honório Pechincha\*  
Ricardo T. Zaidan\*\*

\* Geographer (UFJF). Masters in Geography (UFJF).

\*\* Geographer (UFJF). Master in Environmental and Forestry Sciences (UFRRJ). Doctorate in Geography (UFRJ). Professor at UFJF.

---

**Abstract** In Brazil, there is a great influence of natural processes such as landslides, characteristic of morphologically hilly areas, in shaping the Earth's surface. In the populated urban areas, this process involves the generation of risk to the resident population in hillside areas. Thus, studies aimed at monitoring and forecasting these events become necessary, since that it would avoid further damages, material and human. There are some methodologies for forecasting landslides based on the use of mathematical and operationalized by GIS models. Thus, the present study aimed to analyze the spatial distribution of the risk the occurrence of landslides in the Watershed of Matirumbide Stream, in the city of Juiz de Fora, MG, using statistical mathematical prediction model SINMAP. For the representation of the risk could be taken was necessary to prepare the map of the use, occupation and land cover, as well as the probability map the occurrence of landslides. From the overlap of these two maps could be represented risk areas of the watershed, as well as the representation of the instability of areas from the relationship with the occupation of the land and the processes and dynamics of the Earth surface. In the final map, we find that 24% of the watershed presents high risk of landslides occurrence. The presence of these areas was mainly related to the morphology of the land, through the degree of slope, and the presence of low occupations infrastructure along the areas of default risk. The results show that part of the basin is characterized by the relation of social fragility linked to occupations in high-risk areas. Finally, SINMAP is a relevant model for the representation of auxiliary risk areas and subsequent analysis.

**Keywords:** landslides, modeling, matirumbide.

---

## Informações sobre os autores

### Marcelle Gualtieri Honório Pechincha

Endereço para correspondência: 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

Link para o currículo lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4431951Y6>

### Ricardo T. Zaidan

Endereço para correspondência: Departamento de Geociências – sala B-III-03 - ICH – 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: ricardo.zaidan@ufjf.edu.br

Link para o currículo lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4703276E8>

**Artigo Recebido em:** 01-09-2015

**Artigo Aprovado em:** 15-12-2015