

# **AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA (SP) UTILIZANDO OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

**Andréa Simone VENANCIO<sup>1</sup>, Andréia Medinilha PANCHER<sup>2</sup>, Cenira Maria Lupinacci da CUNHA<sup>2</sup>, Fábio Braz MACHADO<sup>3</sup>, Adilson Viana SOARES JUNIOR<sup>3</sup>**

- (1) Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional – UNESP. Avenida 24 A, 1.515 – Jd. Bela Vista. CEP 13.506-000. Rio Claro – SP. Endereço eletrônico: andreasv@rc.unesp.br
- (2) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN). Avenida 24 A, 1.515 – Jd. Bela Vista. CEP 13.506-000 - Rio Claro – SP Endereços eletrônicos: medinilh@rc.unesp.br; cenira@rc.unesp.br
- (3) Departamento de Ciências Exatas e da Terra – UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo. Rua Antonio Doll de Moraes, 105 – Centro – Diadema – SP. CEP 09920-540. Endereços eletrônicos: fabio.machado@unifesp.br; avsoares@gmail.com

Introdução  
Localização e características da área de estudo  
Critério de seleção de variáveis  
Material e métodos  
Resultados e discussões  
    Manipulação dos dados obtidos em campo  
    Análise das suscetibilidades do município  
Considerações finais  
Agradecimentos  
Referências bibliográficas

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi identificar e mapear áreas suscetíveis a movimentos de massa, por meio das geotecnologias, no município de Várzea Paulista (SP). Para o propósito, foram utilizados os mapas de declividade, geológico, geomorfológico e de uso e ocupação da terra, que foram sobrepostos por meio da Análise Multicritério no SIG ArcGIS. Cada tema recebeu seu peso de influência para deflagração de tais processos e como resultado final foi obtido o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município em questão. Paralelamente foi elaborado o estudo da orientação de vertentes, para determinação daquelas que apresentam maiores riscos em comparação com os dados coletados em campo. Constatou-se que existem muitas áreas ocupadas dentro do município que carecem de monitoramento do Poder Público, principalmente nos meses chuvosos, pois se encontram em locais frágeis do ponto de vista geológico-geomorfológico.

**Palavras-chave:** análise de risco, movimentos de massa, análise multicritério, sistemas de informação geográfica.

**ABSTRACT** - The objective of this study was to identify and map areas susceptible to mass movements, through the use of geotechnologies in the town of Várzea Paulista (SP). For this purpose we used slopes, geological, geomorphological and use-and-occupancy maps, which were superimposed by Multicriteria Analysis in GIS ArcGIS. Each subject received a weight of influence to the outbreak of such processes and the final result was a susceptibility map to mass movements of the municipality in question. A parallel study was drawn about the orientation of strands to determine those who are at higher risk compared with data collected in the field. There are many occupied areas within the municipality that require monitoring of the government, especially in the rainy season, as they are fragile in places in terms of geological and geomorphological features.

**Key-words:** Risk analysis, mass movements, Multicriteria Analysis, Geographic Information Systems.

## INTRODUÇÃO

A movimentação de massas, consiste no deslocamento de grande volume de material (solo e rocha) vertente abaixo sob influência da gravidade, sendo desencadeado pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar (Bigarella, 2003). Os movimentos de massa relacionados às encostas podem ser agrupados em quatro grandes classes: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas.

Tais movimentações são processos naturais de evolução do relevo que, no entanto, podem ser catalisados pela ação antrópica. Dentre as interferências antrópicas catalisadoras do processo destacam-se a remoção de cobertura vegetal, execução de cortes e aterros inadequados, saturação do solo por meio do lançamento e concentração de águas pluviais, vazamentos na rede de abastecimento de água e esgoto, fossas, lançamento de lixo nas encostas e taludes, cultivo inadequado do solo, entre outros (Amaral; Zuquette, 2007). Neste sentido, a ocorrência de muitos movimentos de massa está intimamente relacionada não só à indevida ocupação de áreas consideradas de “risco”, mas também pela falta de planejamento urbano, ou mesmo pelo completo desconhecimento das características físicas da área ocupada. É consenso que nunca houve no país, preocupação do poder público quanto às questões relacionadas ao “Planejamento Territorial Urbano”, resultando em ocupações desordenadas, irregulares e sem conhecimento algum sobre o substrato ocupado. Essa despreocupação tem repercutido em inúmeras tragédias envolvendo os movimentos de massa no país, especialmente nos meses chuvosos, já que neste período a água é o principal agente deflagrador das movimentações.

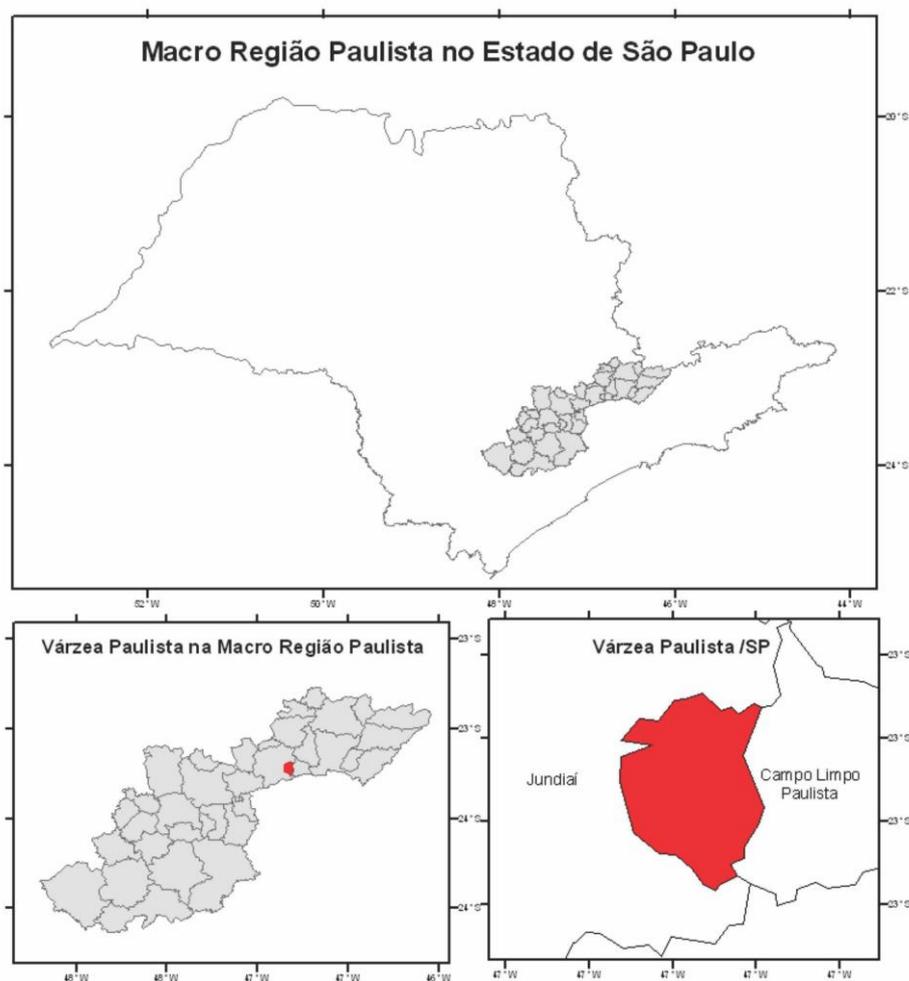
Cabe ressaltar que a maioria dos processos de movimentação de massa ocorre nas encostas. As encostas são um tipo de relevo com comportamento dinâmico, cuja estabilidade se deve a fatores naturais (formação geológica do maciço, evolução estrutural, cobertura vegetal), bem como às interferências ambientais ou antrópicas (Silva, 2010).

Devido aos inúmeros fatores envolvidos nos processos de movimentação de massa e à grande quantidade de informações que precisam ser consideradas na análise dos riscos e suscetibilidades, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) vêm sendo amplamente utilizados nas pesquisas. Martini *et. al.* (2006) utilizaram o SIG, e a decisão multicriterial para avaliar a suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa na usina Quebra-Queixo, no rio Chapecó em Santa Catarina. Os autores obtiveram como resultado um mapa temático com a distribuição espacial das classes de suscetibilidade aos processos citados, no entorno do reservatório da usina. Para isso, utilizaram critérios avaliativos como relevo, solo e cobertura do solo como sendo os parâmetros de maior relevância. Já Kux *et. al.* (2007) se valeram de informações geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e de uso e ocupação do solo para analisar os impactos da expansão urbana em dois bairros de Belo Horizonte. Os autores mostraram os setores urbanos com maior vulnerabilidade geológica/geotécnica as atividades humanas, utilizando técnicas de geoprocessamento. Ainda, para estes autores a associação de informações de diferentes fontes em ambiente computacional, auxilia sobremaneira, para a obtenção de uma visão mais detalhada de áreas urbanas.

## LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Várzea Paulista possui área territorial de 35 km<sup>2</sup>, e está situado entre o retângulo envoltório que abrange as coordenadas 46°51'30" e 46°47'30" W, e 23°11'0" e 23°15'30"S, sendo sua altitude média de 745 metros (Relatório Fehidro, 2010). Segundo dados da Fundação Seade (2011), a

população deste município é de 107 mil habitantes, a taxa de urbanização é de 100%, e a densidade demográfica de 3.090,12 habitantes por km<sup>2</sup>. Várzea Paulista encontra-se totalmente conurbada à cidade de Jundiaí, as quais somam 400 mil habitantes.



**Mapa 1.** Localização da área de estudo

O município estudado encontra-se assentado sobre o Embasamento Cristalino ou Província Mantiqueira (Delgado, 2003; Neves, 2005), no Planalto Atlântico. Fazem parte de sua geologia rochas do Complexo Amparo e do

Grupo São Roque, essencialmente filitos, gnaisses e xistos. Quanto à geomorfologia verificam-se morros, morrotes e colinas, com declividades superando os 30% em alguns setores do município.

### CRITÉRIO DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

Os maiores problemas em relação aos movimentos de massa em áreas urbanizadas consistem na ocupação de vertentes. Neste sentido, é de extrema relevância que se tenha conhecimento do substrato que está sendo ocupado seja por residências, plantações ou pastagens.

No presente estudo, os critérios considerados de maior relevância foram geomorfologia, geologia, declividade e uso e ocupação da terra. Seguindo tipificação estabelecida por Martini (2006), obtida de

Eastman *et. al* (1995), cada critério geral foi subdividido em fatores. Desta maneira, o critério geomorfologia seguiu a mesma subdivisão adotada por Carneiro (2003): colinas e morrotes, colinas, morros e morrotes, morros com topos agudos e planícies aluviais. O critério geologia também seguiu subdivisão adotada por Carneiro (2003), que é a própria geologia da área: filitos laminados, metarenitos e metarenitos bandados, planície aluvial, gnaisses miloníticos, metarenitos e xistos intercalados, xistos finos, xistos finos e

metarenitos e xistos porfiroblásticos e metarenitos. O critério declividade foi subdividido em 5 classes: <5%, 5% - 12%, 12% - 20%, 20% - 30%, e >30%. Já o critério de uso e ocupação da terra foi subdividido nas seguintes classes: solo exposto, asfalto, pasto, drenagens, área construída e área florestada.

Em seguida, cada fator recebeu um peso pela influência considerado na deflagração dos movimentos de massa, como mostra a tabela 1.

O método de atribuição de pesos adotado nesta pesquisa, para os fatores, é o mesmo descrito por Ross (1994) que sistematiza uma hierarquia nominal de fragilidades representadas por valores ou pesos, sendo: muito fraca (peso 1), fraca (peso 2), médio (peso 3), forte (peso 4) e muito forte (peso 5). No entanto, para corroborar os pesos adotados foram utilizados os trabalhos de outros autores que já analisaram esta temática.

**Tabela 1.** Pesos de influência atribuídos a cada fator considerado na pesquisa

Mapas	Fatores	Pesos	Autores utilizados
Declividade	<5%	1	Araújo (2004), Lopes (2006), Martini (2006), Santos (2007), Ferreira (2008)
	5% - 12%	2	
	12% - 20%	3	
	20% - 30%	4	
	>30%	5	
Uso e ocupação da terra	Solo exposto	5	Martini (2006), Silva (2010)
	Asfalto	3	
	Pasto	3	
	Drenagens	1	
	Área construída	3	
	Área Florestada	1	
Geologia	Filitos laminados	5	Fábio Braz Machado e Ana Olívia Barufi Franco de Magalhães (em comunicação verbal)
	Metarenitos e metarenitos bandados	2	
	Planície aluvial	1	
	Gnaisses miloníticos	3	
	Metarenitos e xistos intercalados	2	
	Xistos finos	5	
	Xistos finos e metarenitos	5	
	Xistos porfiroblásticos e metarenitos	5	
Geomorfologia	Colinas e morrotes	3	Carneiro (2003)
	Colinas	2	
	Morros e morrotes	4	
	Morros com topos agudos	5	
	Planícies aluviais	1	

## MATERIAL E MÉTODOS

A análise multicritério é uma ferramenta que permite ao pesquisador a integração e o cruzamento de dados espaciais com o objetivo de modelar determinado fenômeno. Consiste numa ferramenta matemática, onde é possível comparar diferentes alternativas (cenários),

baseando-se em vários critérios, com o objetivo de orientar os tomadores de decisão para uma escolha mais ponderada (CORSEUIL, 2007). Martini (2006) enfatiza que uma vez que diversos elementos intervêm nos processos de movimentação de massa, para a identificação

de áreas suscetíveis, deve-se dispor de alternativas para combiná-los de forma coerente, onde a avaliação multicritério se torna uma opção adequada para apoiar a tomada de decisão.

Para o cruzamento dos dados utilizando a análise multicritério, como já citado, os critérios utilizados foram: geologia, geomorfologia, declividade e uso e ocupação da terra.

1. Os mapas geológico e geomorfológico utilizados foram extraídos de Carneiro (2003), na escala 1:50.000, e editados no SIG ArcGIS 9.3. Tais mapas permitiram o reconhecimento físico da área de estudo.
2. O critério declividade foi caracterizado pela geração do mapa de declividade, empregando-se um Modelo Digital de Terreno (MDT) a partir das curvas de nível do município com equidistância de 20 metros, também no SIG ArcGIS 9.3, na escala 1:50.000. Este mapa permitiu identificar as classes de declividade e reconhecer o padrão de movimentação do relevo.
3. Para o critério uso e ocupação da terra, foi confeccionado o mapa de cobertura do solo, em escala 1:25.000, no software Spring 4.3, a partir de uma imagem *quickbird* fornecida pela prefeitura municipal. Este mapa permitiu visualizar como a terra é utilizada e ocupada no município de Várzea Paulista.

Como o objetivo primordial desta pesquisa foi a elaboração do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município de Várzea Paulista, os mapas, assim como os fatores, receberam pesos de influência e posteriormente foram cruzados por meio da análise multicritério do *software* ArcGIS 9.3, utilizando a ferramenta “*overlay*”. Durante o procedimento de elaboração do mapa final, foram elaborados diversos cenários atribuindo pesos de influência diversificados para os mapas-critério, de maneira hierárquica, mas sempre atribuindo o maior peso ao mapa de declividade. No entanto, o mapa final mais fidedigno da realidade observada em campo, foi aquele cujos pesos de influência foram os mesmos para a declividade e uso e ocupação da terra, ambos com 35%, somando 70% de influência. Os 30% restantes foram distribuídos igualmente entre os outros dois parâmetros: geologia e geomorfologia. Cabe ressaltar que necessariamente a soma dos pesos atribuídos aos mapas deve ser de 100%.

Foi realizada uma saída a campo, extremamente importante para a pesquisa, no que diz respeito ao reconhecimento da área, registro fotográfico, avaliação e medições das estruturas geológicas como falhas e foliações, bem como para a checagem da veracidade do mapa de uso e ocupação da terra. O reconhecimento da área também foi de extrema importância no momento da atribuição dos pesos a cada um dos mapas-critério. Ao todo, foram visitados 13 pontos, que foram chamados Pontos de Controle (PC). Cabe ressaltar que a dificuldade de acesso a certos locais foi um fator limitante à visita. Tais pontos estão espacializados no mapa da figura 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Manipulação dos dados obtidos em campo

Em campo foram realizadas as medidas de ângulo e direção das fraturas encontradas nos afloramentos. Cabe ressaltar que quando a direção de fraturas coincide com a direção das vertentes existe um alto risco para ocupação antrópica. Silva (2010) coloca que de maneira geral as estruturas tendem a fragilizar o comportamento geotécnico de qualquer tipo de

rocha, pois estas condicionam o aparecimento de descontinuidades mecânicas e hidráulicas. A mesma autora ainda cita os estudos feitos por Pradhan, Singh e Buchroithner (2006) que propõe uma classificação onde a existência de até 1 lineamento caracteriza áreas com baixa suscetibilidade, de 1 a 2 lineamentos são caracterizadas áreas com suscetibilidade moderada e acima de 2 lineamentos alta

suscetibilidade. Em campo, no PC 8, foram medidas até três famílias de fraturas, o que configura segundo a autora, alta suscetibilidade (tabela 2). Como regra geral, quanto maior o fraturamento maior a instabilidade do terreno (SILVA, 2010). Dias e Herrmann (2002) ressaltam ainda, que a existência de fragilidades

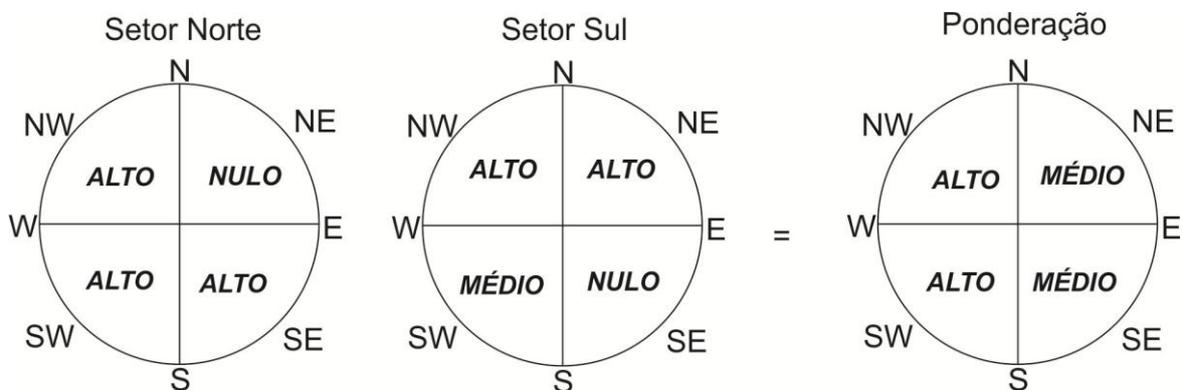
como falhas, fraturas, bandamentos e foliações, associadas às suas características de direção e mergulho, condicionam o surgimento de discontinuidades mecânicas e hidráulicas, as quais contribuem decisivamente na deflagração dos movimentos de massa.

**Tabela 2.** Valores dos ângulos e direções de fraturas medidas em campo

Pontos de Controle	Direção da camada aflorante	Ângulo e direção de mergulho
1	N40	75NW
	N140	60SW
2	N50	70N
4	N220	44NW
8	N225	70NW
	N105	65NE
	N125	50SW
11	N290	30SW
12	N280	40SW
13	N290	70NE

Quanto maior o ângulo de mergulho das camadas maior a força-peso agindo e maior o risco à movimentação do terreno. A partir dos 30° a situação já se configura como sendo de risco. Assim, para melhor visualização dos padrões de fraturamento, dividiu-se o município em dois setores: norte e sul, utilizando-se como referência o rio Jundiaí. O setor norte é aquele que se encontra localizado à norte do rio Jundiaí, que corta o município de leste-oeste; e o setor sul é aquele ao sul do rio Jundiaí. Tais

setores podem ser visualizados no mapa da figura 3. No entanto, para simplificação do método de análise, fez-se uma ponderação dos dois setores (figura 2). Diante do exposto, consideraram-se os ângulos de mergulho abaixo de 30° como sendo de baixo risco, os ângulos entre 30° e 60° como sendo de médio risco e os acima de 60° como sendo de alto risco. Isto foi feito para mensurar quais fraturas apresentavam maior risco.



**Figura 2.** Ponderação dos fatores de risco das fraturas medidas em campo

As fraturas do 1º quadrante foram consideradas no setor norte como sendo de

risco nulo, e no setor sul como sendo de alto risco, por isso foram consideradas na

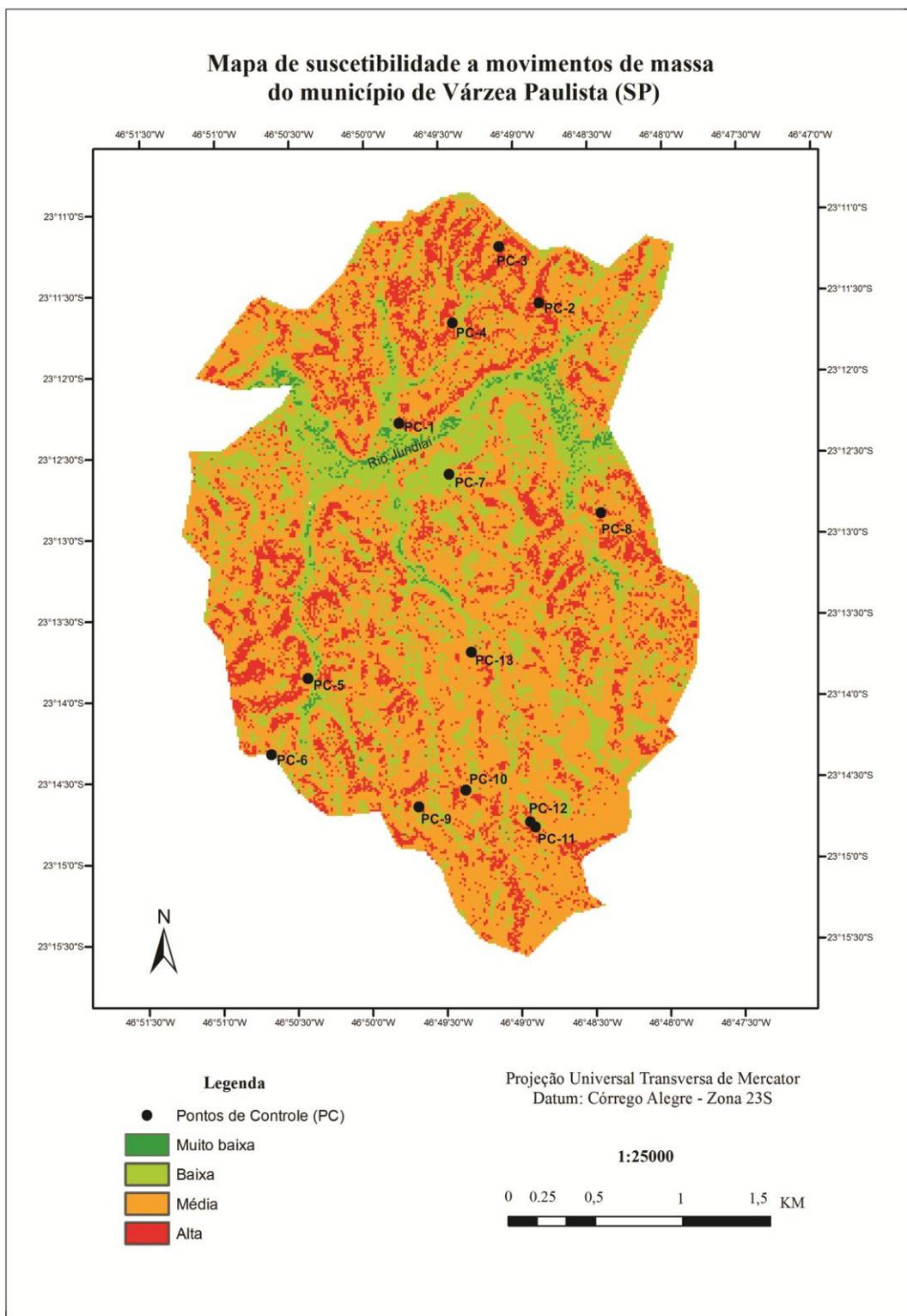
ponderação como sendo de risco médio. No 2º quadrante, as fraturas do setor sul foram consideradas como sendo de risco nulo e no setor norte como risco alto, assim foram ponderadas como sendo de risco médio. No 3º quadrante, as fraturas do setor sul foram consideradas como sendo de risco médio e no setor norte como sendo risco alto, assim foram ponderadas como exercendo alto risco. No 4º quadrante para os dois setores as fraturas foram consideradas de alto risco, e na ponderação considerou-se, portanto, alto risco. Assim, com base nos resultados obtidos, conclui-se que, para todo o município as vertentes voltadas para NW, SW e N são consideradas de alto risco por suas direções coincidirem com a direção dos planos de fraqueza das rochas; as vertentes voltadas para NE e SE, podem ser consideradas de médio risco, porque apesar da direção dos planos de fraqueza das rochas coincidirem com a direção das vertentes, os ângulos de mergulho não são tão acentuados; e as vertentes voltadas para E, S e W são consideradas de baixo risco, pois não foram encontrados em campo, planos de fraqueza nestes sentidos.

#### **Análise das suscetibilidades do município**

Como já exposto, o cenário que melhor representou a realidade vista em campo foi aquele cujos pesos de influência foram maiores para a declividade e uso e ocupação da terra, com 35% de influência para cada mapa. O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa é apresentado na figura 3, onde as classes de suscetibilidade foram divididas em muito baixa, baixa, média e alta.

As áreas que apresentaram suscetibilidade muito baixa e baixa são aquelas ao longo do rio Jundiá e nos fundos de vales dos seus afluentes. Estas são áreas cujas declividades são menores que 5% até 12%. A literatura, de fato, evidencia que áreas com estas características de inclinação são propícias à ocupação, no que tange aos movimentos de massa. Contudo, são muito suscetíveis a inundações e enchentes, por serem muito planas e principalmente por serem leitos de inundações dos rios, assim como mostram registros na história recente de Várzea Paulista de enchentes em algumas áreas e bairros ao longo do rio Jundiá. Dois fatores contribuem sobremaneira para ocorrências como estas: o escoamento superficial proveniente das áreas mais altas, que ao serem impermeabilizadas aumentam ainda mais o fluxo de água que chega na calha dos afluentes, sobrecarregando o rio principal e fazendo-o transbordar; e a ocupação dos leitos dos rios, mesmo com a legislação determinando que deve existir uma faixa de vegetação, a partir do nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água. Tais áreas são representadas no mapa da figura 3 pelos tons da cor verde.

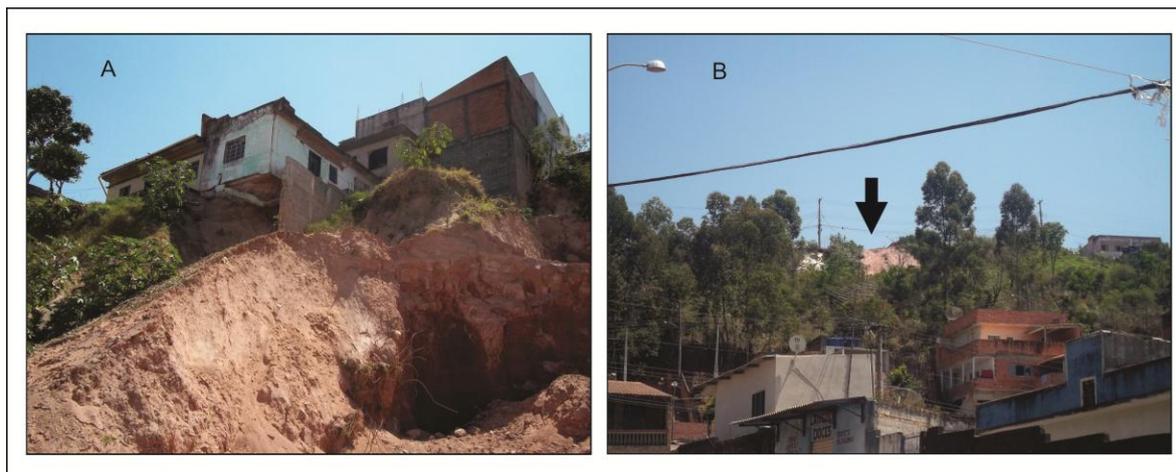
A região norte, onde se encontram os Pontos de Controle 1, 2, 3 e 4, foi a porção com maior densidade de áreas apresentando alta suscetibilidade. Cabe ressaltar que esta região engloba o bairro Vila Real com histórico de escorregamentos, fato que corrobora com os resultados obtidos. Esta área situa-se no compartimento geomorfológico de colinas e morrotes e morros e morrotes no extremo leste, áreas já descritas por Carneiro (2003) como sendo moderadamente favoráveis à ocupação.



**Figura 3.** Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município de Várzea Paulista

Neste setor a litologia é composta por xistos e metarenitos com xistos intercalados, rochas descritas por Silva (2010) como sendo de alta suscetibilidade por conta da anisotropia acentuada. Soma-se a estes fatores as altas declividades, a alta densidade de ocupação, e o fato da maioria das ruas dos bairros aí presentes não serem asfaltadas, onde o solo exposto nas

altas declividades favorece sobremaneira os eventos de escorregamento. A figura 4 mostra algumas evidências de risco encontradas em campo, configurando o setor norte do município como sendo mesmo a região mais problemática do ponto de vista dos escorregamentos.



**Figura 4.** A) Casa em risco de desabamento na beirada do morro; B) Evidência de deslizamento

O setor onde se situa o Ponto de Controle 7 foi classificado no mapa como sendo de baixa suscetibilidade. De fato, esta é uma região que apesar de estar assentada sobre xistos é contemplada por colinas amplas de baixa declividade, fator que desfavorece o perigo de escorregamentos.

O setor sudoeste do município, na região dos Pontos de Controle 5 e 6, mostrou áreas de baixa suscetibilidade referente aos fundos de vale bastante planos, áreas de média suscetibilidade e áreas de alta suscetibilidade. Nesta região encontram-se os bairros Jd Bertioga, Jd Paulista e adjacências, bem consolidados do ponto de vista da ocupação. As áreas de média suscetibilidade deste setor correspondem àquelas mais planas de acordo com o mapa de declividade. Este é um setor assentado sobre xistos e com algumas áreas de solo exposto, fatores que associados requerem atenção, sobretudo pela alta densidade de ocupação. As faixas deste setor, indicadas no mapa como sendo de alta suscetibilidade, são áreas bastante inclinadas, associadas aos xistos e com alta densidade de ocupação. De fato a ocupação de vertentes íngremes favorece sobremaneira a suscetibilidade a movimentação de massa. Carneiro (2003) considerou esta área como sendo moderadamente favorável à ocupação devido justamente a presença de vertentes muito íngremes.

O setor leste-sudeste do município, na região do Ponto de Controle 8, possui densidade de ocupação relativamente baixo comparado aos outros setores analisados. Neste

setor estão presentes rochas do tipo xistos porfiroblásticos e metarenitos. O setor sobre os xistos denotou maior intensidade de áreas com alta suscetibilidade; já os setores sobre os metarenitos, apresentam extensão menor de áreas consideradas de alta suscetibilidade, pelo alto teor de quartzo desta rocha. Soma-se a isso o padrão incipiente de ocupação nestas áreas. De maneira geral, neste setor, as áreas de maior suscetibilidade são aquelas associadas a altas declividades.

No setor mais central do município, na região do Ponto de Controle 13, o mapa apontou áreas de média e baixa suscetibilidade. Esta é uma área quase que desocupada se comparada aos outros setores analisados, e as faixas ocupadas se situam ao longo dos fundos de vale minimizando a possibilidade de ocorrência de movimentação de massa. Soma-se a isso a expressiva cobertura vegetal encontrada nesta área, fator que também minimiza a ocorrência de deslizamentos.

O extremo sul do município é a região dos Pontos de Controle 9, 10, 11 e 12. Esta é uma área que apesar de ser praticamente desocupada já apresenta média e alta suscetibilidade a movimentos de massa. Isto ocorre, porque ela está assentada sobre filitos, rochas bastante suscetíveis, por serem enriquecidas em filossilicatos, minerais que criam uma película impermeável entre a rocha e o saprólito favorecendo o escorregamento de massas. Soma-se a isto, o fato deste setor possuir as mais altas declividades do município, com vertentes acima dos 30% de inclinação.

Zuquete e Pejon (2004) alertam que em áreas com declividade maior que 10% compostas por filitos já existe perigo de escorregamentos, portanto esta é uma área totalmente desfavorável à ocupação. Carneiro (2003) classificou este compartimento geomorfológico como sendo de morros com topos agudos e por este motivo desfavoráveis à ocupação, informação que corrobora com os resultados obtidos. Este setor chama a atenção pelas altas declividades. Na análise de suscetibilidade, o esperado era que toda esta área fosse apontada como de alta suscetibilidade, somando-se o fato do substrato rochoso também ser muito suscetível. No entanto, apenas poucas áreas foram apontadas como sendo de alta suscetibilidade. Como já dito anteriormente, a média suscetibilidade apontada, se deve ao fato desta área manter preservada uma boa cobertura vegetal. A vegetação impede o impacto direto da chuva no solo e retarda ou minimiza a quantidade de água por ele absorvida. Impedindo a chegada de grande quantidade de água, ela impede também que haja perda da coesão e aumento do peso específico do solo por umedecimento. Soma-se a isto, o fato das raízes aumentarem a resistência do solo, diminuírem a ação do escoamento superficial e retirarem por absorção parte da água infiltrada. Dias e Herrmann (2002) também pontuam que a retirada da vegetação contribui para rápida saturação do solo durante chuvas intensas, deixando-o mais suscetível.

Cabe salientar que, as áreas onde foram tomados os Pontos de Controle, 9, 10, 11, 12 e 13 constituem a “Macrozona de Proteção Ambiental” do município, segundo consta no Plano Diretor.

De maneira geral apresentam alta suscetibilidade aqueles locais cujas vertentes

muito íngremes estão ocupadas, e baixa suscetibilidade os fundos de vale, a região de colinas no setor que acompanha o traçado do rio Jundiá e os topos dos morros. Os locais com declividade mediana acusaram média suscetibilidade, exceto o setor extremo sul do município, que apesar das altas declividades acusou média suscetibilidade pelo fato de encontrar-se protegido pela cobertura vegetal.

Os topos dos morros, apesar da alta elevação (entre 800 metros e 1060 metros de altura) acusaram baixa suscetibilidade por serem áreas planas que favorecem a infiltração e percolação da água meteórica. Já as vertentes, com elevações relativamente menores que os topos, acusaram alta suscetibilidade pela união do grau de inclinação elevado com a alta densidade de ocupação, justamente pelo fato destas serem áreas que, auxiliadas pela força da gravidade, favorecem o escoamento superficial, pois nas vertentes íngremes somente parte da água infiltra, e o restante escoar em direção ao fundo de vale favorecendo, conseqüentemente, o escorregamento de massas. Cabe ressaltar que a água é o principal agente deflagrador dos movimentos de massa, pois sua ação reduz a resistência dos materiais e interfere na plasticidade e fluidez dos solos. Cabe ressaltar ainda que o plano de ruptura da força de coesão da massa geralmente está relacionado a descontinuidades mecânicas e/ou hidráulicas, localizando-se preferencialmente nos contatos entre o solo, o saprólito e a rocha-sã.

Assim, nos locais apontados como de alta suscetibilidade, principalmente no bairro Vila Real, cabe ao Poder Público, por meio de seus órgãos competentes, o intenso monitoramento em épocas chuvosas, lembrando que os eventos meteóricos de excepcionalidade configuram-se num risco ainda maior.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa objetivou-se fazer uma análise sistêmica do problema dos escorregamentos no município de Várzea Paulista, até mesmo pela gama de fatores envolvidos. A análise multicritério apoiou de forma satisfatória a análise, pois permitiu o entrelaçamento dos fatores geologia, declividade, geomorfologia e uso e ocupação da terra. No entanto, cabe salientar que devido à

subjetividade na atribuição dos pesos de influências dos critérios e fatores envolvidos, se faz necessário uma equipe multidisciplinar e experiente, para que se obtenha qualidade nos dados gerados.

Esta pesquisa evidenciou que Várzea Paulista possui inúmeras fragilidades do ponto de vista geológico e geomorfológico, com áreas caracterizando altíssimo risco para ocupação,

como o bairro Vila Real e o extremo sul do município. Cabe ressaltar que o bairro Vila Real, caracteriza-se como sendo, geotectonicamente, o bairro mais frágil do município, nas porções onde as vertentes muito íngremes possuem a mesma direção dos fraturamentos das rochas, que aliados com a força da gravidade, caracterizam alto risco à ocupação.

De maneira geral, as áreas de vertentes com alta inclinação e elevada densidade de ocupação, configuram-se como sendo de elevado risco, por uma sucessão de fatores como, a própria inclinação da vertente, o fato de estarem assentadas sobre rochas que apresentam muitas foliações e fraturas e, a retirada da vegetação das encostas. Tudo isso contribui para a instabilidade do terreno e deflagração dos movimentos de massa.

## AGRADECIMENTOS

À prefeitura municipal de Várzea Paulista pelo fornecimento da imagem orbital “quickbird” do município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL JR, A. F. do; ZUQUETTE, L. V. Zoneamento geológico-geotécnico de porção da região da Costa Verde – RJ, escala 1:10.000. **Revista Brasileira de Geociências**, 37(4), p. 727-744, 2007.
2. ARCGIS. Geographic information system. Esri. Versão 9.3, 2011.
3. CARNEIRO, C.D.R.; SOUZA, J. J. Mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe da região de Jundiaí-Atibaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 4, n. 2, p. 17-30, 2003.
4. CORSEUIL, C.W;CAMPOS, S. Análise de adequação do uso das Terras por meio de técnicas de Geoprocessamento. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Trabalho completo...** São José dos Campos -SP, 2007. p. 2471-2478.
5. DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D. de; SILVA, L. C. da; SILVEIRA FILHO, N. C. da; SANTOS, R. A. dos; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T; ANGELIM, L. A. de A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V. de; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do escudo atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (editores), **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: textos, mapas e SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.
6. DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. de P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC. **Revista Caminhos de Geografia** 3(6), Uberlândia, 2002. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/10109/5978>> Acessado em 23/10/2011.
7. FUNDAÇÃO SEADE. **Pesquisa sobre caracterização do território de Várzea Paulista**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=tabela>. Acesso em: 12/01/2011.
8. KUX, H. J. H.; ARAÚJO, E. H. G.; DUPONT, H. S. J. B. Imagens de alta resolução do satélite Quickbird e técnicas de SIG para a análise de problemas geológico-geotécnicos em áreas urbanas: estudo de caso Belo Horizonte (MG). **Resumos Expandidos...**Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, 2007, p. 573-580.
9. MARTINI, L. C. P; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em Sistemas de Informações Geográficas. **Geol. USP Sér.Cient.**, São Paulo, vol. 6, n.1, p. 41-52, julho: 2006.

10. PREFEITURA MUNICIPAL DE VÁRZEA PAULISTA. Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro), Plano Diretor de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – **Relatório de Andamento 1** – Parte 1, Agosto, 2010.
11. ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropomorfizados. São Paulo: **Revista do Departamento** 8, p. 63-74, 1994.
12. SILVA, O. A. Dinâmica territorial da indústria e da circulação no estado de São Paulo: o papel do município de Jundiaí. **Resumo...**Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos: Porto Alegre, 2010.
13. SILVA, O. C. A. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos e as implicações da evolução do uso e cobertura do solo no município de Paraty, RJ, entre 1973 e 2008.** São Paulo, 2010.151p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Universidade de São Paulo.
14. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
15. ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J. Eventos perigosos geológico-geotécnicos no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. **Anais...**p.312-336. Florianópolis:GEDN/UFSC, 2004. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%20OK/2-24.pdf>. Acessado em 23/10/2011.

*Manuscrito recebido em: 26 de abril de 2012  
Revisado e Aceito em: 15 de fevereiro de 2013*