

Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP

Vanessa Canavesi¹
Pedro Ivo Mioni Camarinha¹
Viviane Regina Algarve¹
Rogério Lessa de Castro Carneiro²
Regina Célia dos Santos Alvalá²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{vanessa.canavesi, pedro.camarinha, viviane.algarve}@inpe.br

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN
12630-000 – Cachoeira Paulista - SP, Brasil
{rogerio.carneiro, regina.alvala}@cemaden.gov.br

Abstract.

Several places in Brazil with exotic species plantations, such as *Eucalyptus*, have been increased substantially in recent years, especially by the great demand for wood pulp, coal and construction. In the municipality of Paraibuna-SP, located near to “Serra do Mar” region, such plantings has developed in areas with mountainous terrain and steep slopes. The cycle of eucalyptus include different successional stages from the time of planting to harvesting, with soil exposure in some stages of the cycle, which makes it more susceptible to landslide process. The use of technologies such as geographic information System (GIS) can assist in the identification of these processes, as it allows the integration of spatial data from different sources and the analysis of natural phenomena. A tool used in this analysis is the technique of spatial inference. This work examined the susceptibility to mass movement in the municipality of Paraibuna, using fuzzy gamma technique, in areas with different types of land use and land cover, including eucalyptus plantations in its different stages of development. Geological maps, geomorphologic, soil, climate and topography were used. Susceptibility maps were generated in scenarios with different gamma values for the rainy season. The results obtained in the areas planted with eucalyptus were compared with results obtained in other uses and land cover.

Palavras-chave: remote sensing, GIS, Susceptibility, *Eucalyptus*.

1. Introdução

O tema “desastres naturais” vem se tornando cada vez mais comum em nosso cotidiano e, conseqüentemente, mais estudos que buscar compreender suas causas também vem sendo elaborados. No caso do sudeste brasileiro, todos os anos a região tem sido cenário de desastres que envolvem eventos de precipitação, causando, principalmente, deslizamentos de terra e inundações severas que atingem a populações e suas atividades econômicas. Dentro desta temática, podem-se ressaltar três aspectos diferentes que estão intimamente interligados para a compreensão destes desastres e que vem sendo estudados: i) o clima, como agente deflagrador dos processos que causam os desastres (chuvas); ii) o meio físico, que corresponde a todos os elementos da superfície terrestre que estão relacionados com a susceptibilidade de um processo ocorrer (movimentos de massa inundações); iii) as características sociais, que determinam o como a população irá receber os impactos causados por tais fenômenos.

Neste trabalho, a abordagem será voltada para a questão da susceptibilidade aos deslizamentos de terra. A identificação das áreas susceptíveis a este processo é de suma importância para proteger vidas e atividades econômicas, organizar a ocupação dos territórios, zonestar áreas específicas, além de subsidiar políticas públicas. Na identificação de tais áreas devem ser considerados tanto os processos induzidos pelo homem quanto os processos naturais. A ocupação humana em locais de encostas é um exemplo de processo induzido pelo homem, em que há uma aceleração dos processos erosivos uma vez que o ambiente natural foi modificado, havendo um aumento do escoamento médio e superficial (Tucci e Clarke, 1998). Já os processos naturais incluem pouca vegetação ou a sua total ausência, características

geomorfológicas, juntamente com a topografia e a declividade, geológicas (lineamentos, fraturas) e pedológicas (tipo do solo) do solo, elevado índice de pluviosidade. Ressalta-se que o uso da terra tem forte relação com os desastres naturais. Para Cunha e Guerra (2003) os condicionantes naturais aliados ao manejo inadequado acelera o processo de degradação ambiental gerando os impactos e desastres ambientais. Chuvas intensas e concentradas, encostas íngremes desprotegidas de vegetação, assentamentos clandestinos em encostas de alta declividade, descontinuidades litológicas e pedológicas são algumas das condições que podem acelerar os processos erosivos e consequentemente, os movimentos de massa.

As áreas cobertas por vegetação podem controlar e prevenir desastres naturais causados por movimento de massa como, por exemplo, os desmoronamentos e os deslizamentos de terra nas encostas de locais montanhosos. Evita ainda outros problemas, como assoreamento de corpos d'água e inundações (Rossetti et al., 2007). Certamente que as características geomorfológicas, juntamente com a topografia e a declividade, geológicas (lineamentos, fraturas) e pedológicas (tipo do solo), são determinantes da capacidade de suporte do solo aos diversos tipos de ocupação e, portanto, também devem ser levados em consideração em análises que envolvam a susceptibilidade aos processos de movimentos de massa.

No Estado de São Paulo, a região do Vale do Paraíba possui uma elevada intensidade pluviométrica durante o verão, época propícia para ocorrência dos processos de movimento de massa. O objeto de estudo deste trabalho será o município de Paraibuna – SP, está situado em uma região montanhosa do Vale do Paraíba, na encosta continental da Serra do Mar. Devido principalmente aos condicionantes topográficos e aos altos índices pluviométricos na estação chuvosa, o município tem sofrido com deslizamentos de terra constantes no verão. Como exemplos, citam-se os eventos de 06/01/2007, em que a cidade ficou em estado de emergência, e o de 27/01/2010 quando houve deslizamentos registrados em 20 bairros e o acumulado de chuvas chegou a 180 mm em 3 dias. Em 17/01/2011 também houve deslizamentos sem vítimas e no dia 11/04 desse mesmo ano um homem foi morto por soterramento. Em 20/01/2012 também houve deslizamentos em 3 bairros.

As florestas do gênero *Eucalyptus* têm sido implantadas no município em locais com diferentes topografias. Esses plantios possuem estágios de desenvolvimento diferenciados, desde a sua implantação até a colheita, o que inclui diferentes porcentagens de cobertura do solo e biomassa foliar. A fase da colheita até o estabelecimento de um novo plantio, o solo está quase totalmente exposto, o que o torna susceptível aos deslizamentos de terra. A fase denominada jovem, por volta de 3 a 4 anos de idade, possui uma grande quantidade de biomassa foliar, porém o solo ainda encontra-se desprotegido devido à ausência de sub-bosque decorrente do completo bloqueio da luz solar. Já na fase adulta a quantidade de biomassa foliar diminui, permitindo que a luz solar chegue ao solo e que o sub-bosque se desenvolva, o que diminui o escoamento superficial e consequentemente a susceptibilidade (Almeida e Soares, 2003).

O geoprocessamento tem sido amplamente utilizado para avaliar riscos ambientais. A possibilidade de se sobrepor diversos planos de informações, aliadas às técnicas de inferência espacial, auxiliam na detecção de riscos e na tomada de decisões. Entre vários trabalhos nesta temática, destacam-se os de Aleotti e Chowdhury (1999) e Saboya Jr. et al. (2006).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar áreas susceptíveis a movimento de massa no município de Paraibuna, SP, incluindo áreas ocupadas por plantios de eucalipto nas suas diferentes fases de desenvolvimento, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a técnica de inferência espacial Lógica Fuzzy.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Paraibuna, SP, que tem como ponto central as coordenadas geográficas 23° 23' de latitude Sul e 45° 40' de longitude Oeste, situa-se na Região do Alto Vale do Paraíba, porção leste do Estado de São Paulo (Figura 1). O município possui aproximadamente 18 mil habitantes, concentrados em uma área de 0,47 Km² com uma densidade demográfica de 22 habitantes/Km². É cortado por uma importante rodovia (SP 99 – Tamoios), a qual liga a região de São José dos Campos a Caraguatatuba.

A maior parte do município possui relevo fortemente acidentado, com grandes áreas com declividade variando em torno de 20 a 45° (60% da área total do município). Quando se analisa a curvatura vertical, 53% da área são classificadas como “muito côncava” e 36% muito convexa, o que caracteriza uma região com grandes ondulações.

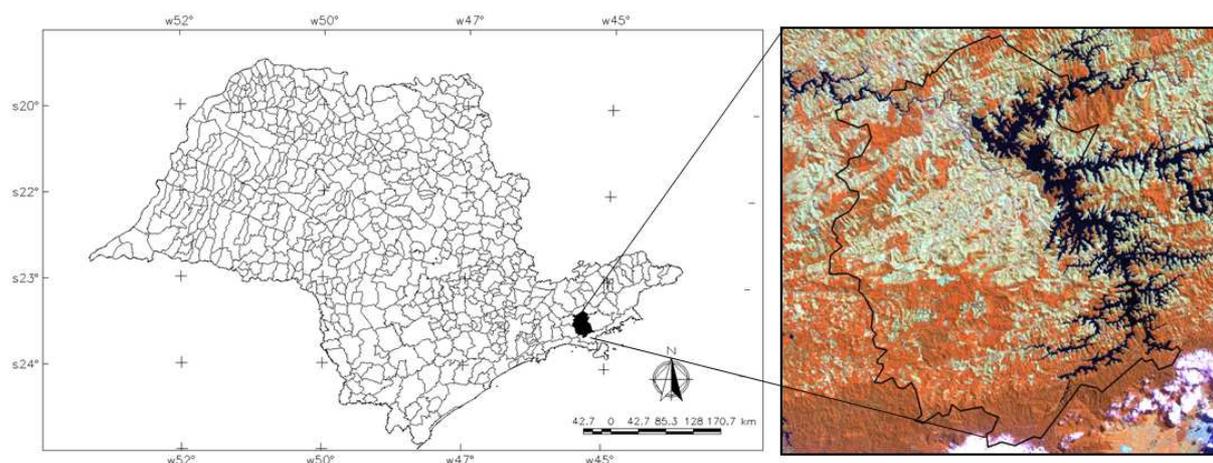


Figura 1. Localização da área de estudo. À direita imagem Landsat/TM5, composição colorida RGB 543, de 12/09/2008.

O clima da região de Paraibuna é classificado como “clima mesotérmico de inverno seco”, com a temperatura média inferior a 22° C. De acordo com as normais climatológicas do INMET (2009), medidas entre os anos 1961-1990, os três meses mais chuvosos (DJF) somam cerca de 550 mm de chuva.

2.2 Dados

Os dados de geologia, escala 1:750.000, foram obtidos junto ao site do Serviço Geológico do Brasil, disponível no site do CPRM (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais: www.cprm.gov.br). O mapa geomorfológico, na escala de 1:1.000.000, foi adquirido do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) (Ponçano et al., 1981). Por estar numa região de transição entre as planícies do Vale do Paraíba e as encostas da Serra do Mar, observa-se uma grande diversidade de classes geológicas e geomorfológicas que, por suas vez, são responsáveis pela característica de relevo acidentado, característica ligadas a ocorrência de deslizamentos de terra. O mapa de solos foi adquirido do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) na escala de 1:500.000 (Oliveira et al., 1999). Os dados topográficos foram levantados na página do Topodata (<http://www.dsr.inpe.br/topodata>). Os dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) originais foram processados no escopo do Topodata (2009) para a derivação de variáveis geomorfológicas, entre as quais a declividade do terreno (ângulo zenital) e curvaturas vertical e horizontal foram utilizadas neste trabalho. Tais dados podem ser observados na Figura 2.

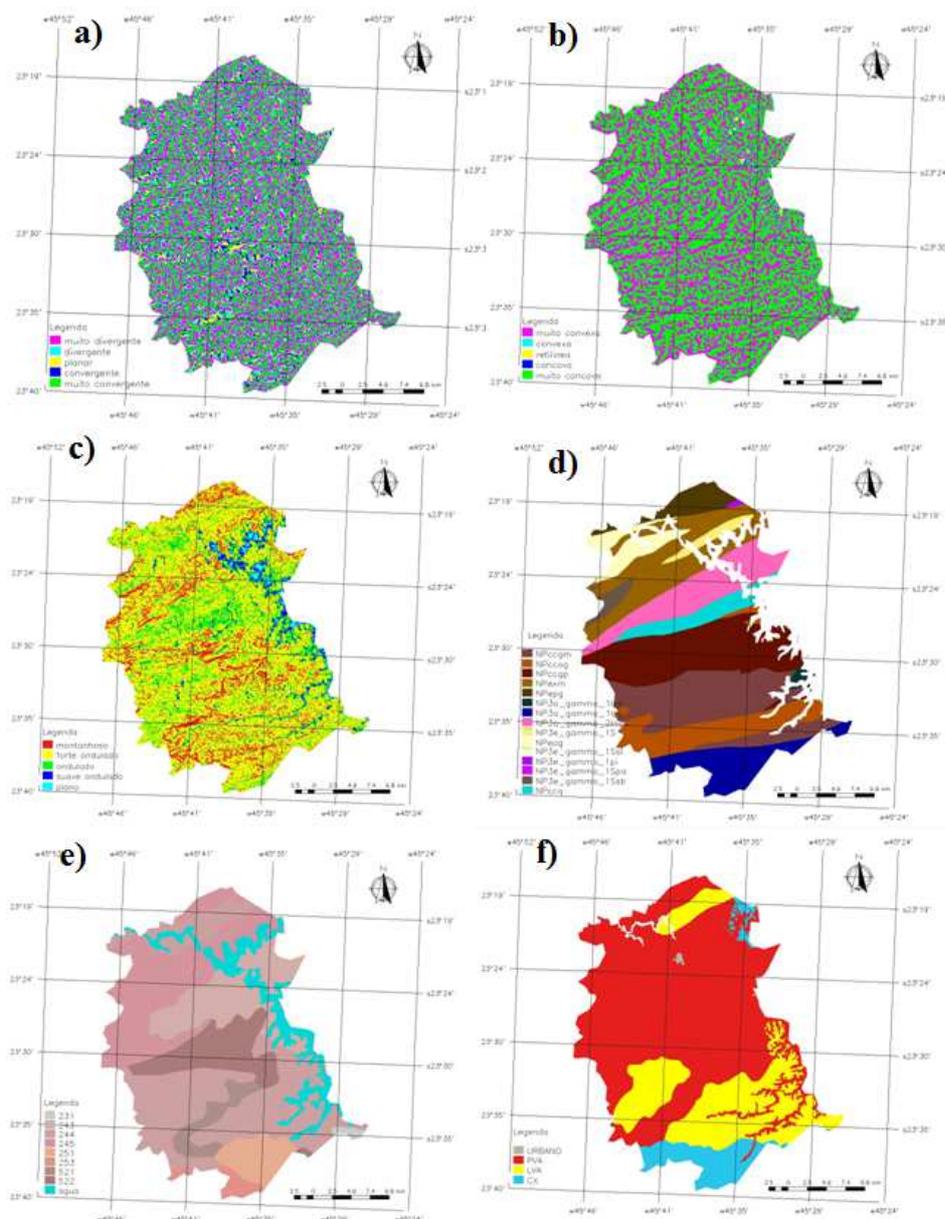


Figura 2. Dados para a área de estudo: a) Curvatura Vertical; b) Curvatura Horizontal; c) Declividade; d) Geologia; e) Geomorfologia; f) Solos.

O uso e cobertura da terra de Paraibuna (apresentado na Figura 3) se distribuem da seguinte forma: 44% da área do município é ocupada por pastagem, 30% por floresta natural, 15% por eucalipto, 9% por lâmina d'água, área urbana ocupa 0,05% e agricultura 0,007%. Observa-se que a vegetação natural permanece conservada basicamente nas regiões com maior altitude (Sul de Paraibuna), de forma que grande parte de seu território foi degradado pelas ações antrópicas, o que corresponde a grandes áreas de pastagens, muitas abandonadas.

Para identificar os diferentes estágios de desenvolvimento dos plantios de eucalipto foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5/TM referentes a três anos (2006, 2007 e 2008), sendo uma por ano, das datas 21/07/2006, 25/08/2007 e 12/09/2008. As imagens foram georreferenciadas utilizando como base as imagens do Geocover, disponíveis no site da Divisão de Processamento de Imagens (www.dpi.inpe.br/geocover) e, em seguida, inseridas no banco de dados. O erro médio para o registro das imagens foi menor que 1 pixel, ou seja, menor que 30 m. Os outros usos e cobertura foram mapeados tendo como base a imagem Landsat de 2008.

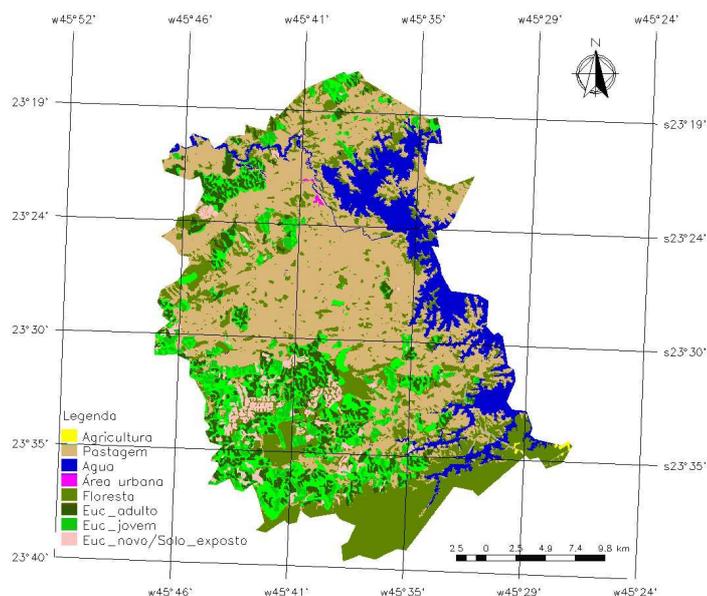


Figura 3. Classificação do uso e cobertura da terra de Paraibuna – SP.

2.3 Lógica Fuzzy e Geração dos Mapas Ponderados e de Susceptibilidade

Os conjuntos Fuzzy lidam com conceitos inexatos e permite tratar de maneira mais realística os dados imprecisos e subjetivos que fazem parte de análises do meio físico. A lógica difusa é recomendada quando há ambiguidade, abstração e ambivalência em modelos em SIG. Os limites inexatos, chamados de conjuntos Fuzzy, admitem pertinência parcial e estão definidos matematicamente, como se Z denotasse um espaço de objetos, então o conjunto A em Z é o conjunto de pares ordenados, apresentados Equação 1 (Burrough e McDonnell, 1998).

$$A = (z, MF_A^F(z)) \text{ para todo } z \in Z \quad (1)$$

em que a função de pertinência $MF_A^F(z)$ é conhecida como “o grau de pertinência de z em A ”. Esta função é um número no intervalo de 0 a 1, com 1 representando pertinência total ao conjunto, e 0, pertinência nula. Isto implica que os indivíduos podem, para diferentes graus, serem membros de mais de um conjunto. O operador Fuzzy Gamma consiste no produto entre a soma algébrica Fuzzy e o produto Fuzzy. A Equação 2 representa este operador.

$$\mu_{combination} = \left(1 - \prod_{i=1}^n \mu_i (1 - \mu_i) \right)^\gamma \cdot \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma} \quad (2)$$

Em que γ é um parâmetro escolhido no intervalo (0,1). O primeiro termo da equação é denominado Soma Fuzzy e o segundo termo Produto Fuzzy. Quando $\gamma = 0$, a combinação Fuzzy é igual ao produto e quando $\gamma = 1$, é igual à soma.

Uma etapa anterior à geração dos mapas de susceptibilidade é a ponderação dos mapas temáticos selecionados, em diferentes pesos que possam representar à susceptibilidade aos deslizamentos. Os pesos variam de 0 a 1, no qual 0 indica uma classe com baixíssima susceptibilidade, e 1 indica onde há maior propensão aos deslizamentos. Essa ponderação consiste em transformar os mapas temáticos em uma grade numérica, em que cada classe do tema analisado recebe um peso (de 0 a 1). A Tabela 1 apresenta os valores desta ponderação para os diferentes temas avaliados neste trabalho.

Tabela 1. Dados levantados e seus pesos com relação a susceptibilidades ao deslizamento.

Tema	Peso	Tema	Peso
Uso do Solo		Geomorfologia	
Agricultura	0,8	Morrotes Baixos (231)	0,51
Área Urbana	1,0	Mar de Morros (243)	0,64
Eucalyptus adulto	0,5	Morros Paralelos (244)	0,65
Eucalyptus jovem	0,7	Morros com Serras Restritas (245)	0,66
Eucalyptus novo e/ou solo exposto	1,0	Serras Alongadas (251)	0,71
Floresta	0,4	Montanhas com Vales Profundos (253)	0,73
Pastagem	0,7	Escarpas (521 e 522)	1,00
Curvatura Horizontal Vertical		Classe de Solo	Sigla
Planar Retilínea	Peso	Cambissolo Háptico	CX
Divergente Convexa	0,2	Latossolo Vermelho-Amarelo	LVA
Muito Divergente Muito Convexa	0,3	Argissolo Vermelho-Amarelo	PVA
Convergente Côncava	0,5	Urbano	URB
Muito Convergente Muito Côncava	0,8		
	1,0		
Declividade		Geologia	Tipos de Rocha
Maior que 45° (Montanhoso)	Peso	Riólito, Granito, Dacito	Ígneas
20 a 45° (Forte Ondulado)	1,0	Migmatitos, Gnaisses	
8 a 20° (Ondulado)	0,8	Milonitos, Quartzo, muscovita, Biotita	
3 a 8° (Suave Ondulado)	0,5	Mármoreos	Metamórficas
0 a 3° (Plano)	0,3	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	
	0,2	Sedimentos Incons., Aluviões, Colúvios	Sedimentares
			1,00

As unidades geológicas encontradas na região podem ser observadas na Figura 2d, sendo que maior detalhamento pode ser encontrado no trabalho completo fornecido pela CPRM. Os tipos de rocha predominante nas unidades geológicas consideradas estão apresentados na Tabela 1. Para esta ponderação, utilizou-se o trabalho de Crepani et al. (2001) como base, onde foram avaliados a susceptibilidade dos diferentes tipos de rocha, sendo as rochas ígneas as menos susceptíveis, e as rochas metamórficas intermediárias e rochas sedimentares com menor resistência ao intemperismo, ou seja, mais susceptíveis.

As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo foram definidas por Ponçano et al. (1981) e os pesos atribuídos se basearam nas características da formas do relevo, dissecação e declividade presente em cada classe geomorfológica.

Para os tipos de solo, os pesos foram baseados na premissa de que solos com maior quantidade de areia tendem a ser mais susceptíveis que os solos mais argilosos, basicamente devido à facilitação do processo de infiltração de água dos solos arenosos e por geralmente serem solos mais rasos que os argilosos.

A topografia foi abordada por meio das curvaturas horizontal e vertical e da declividade. A curvatura horizontal refere-se ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal e está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade, e desempenha papel importante sobre o decorrente balanço hídrico e os processos de pedogênese (Valeriano e Carvalho Júnior, 2003). A curvatura vertical refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno quando analisado em perfil e relaciona-se aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo, proporcionados pela gravidade, o que evidencia áreas de aceleração e desaceleração gravitacional. A parte convexa é mais propensa a deslizamentos do que a côncava, recebendo maiores pesos na tabela de susceptibilidade, já terrenos com perfis divergentes apresentam maiores riscos de ocorrência de deslizamentos do que os convergentes, recebendo, portanto, os maiores pesos para a susceptibilidade. O mapa de declividade foi fatiado em 5 classes, conforme sugeridas por Binda e Bertotti (2007) e o peso atribuído a cada classe é maior, conforme a declividade aumenta.

A presença/ausência de vegetação e o seu tipo (floresta natural, culturas, gramíneas, etc.) é um dos fatores que podem contribuir no aumento da susceptibilidade de um local. Os pesos atribuídos a cada classe de uso do solo dependeram do tipo de cobertura que o solo possui, avaliando as características que podem induzir ou dificultar a ocorrência de deslizamentos. No caso do eucalipto, foram avaliadas suas fases sucessionais dos plantios. Já a pastagem é um exemplo de cultura que passa por diferentes estágios fenológicos, os quais são dependentes do regime hidrológico. A pastagem perde parte da biomassa verde nos períodos de seca, deixando os solos mais susceptíveis e, por isso, recebeu um peso alto (0.7).

Para a geração dos mapas de susceptibilidade a deslizamentos de terra foi utilizada a inferência fuzzy gama e foram gerados dois cenários distintos utilizando os valores de gama: 0,70 e 0,80. Este procedimento foi realizado a partir dos mapas ponderados dos temas geologia, geomorfologia, pedologia, topografia (declividade, curvatura vertical e horizontal) e uso do terra. O mapa final gerado apresenta então as seguintes classes de susceptibilidade: muito baixa (0-0,2), baixa (0,2-0,4), média (0,4-0,6), alta (0,6-0,8) e muito alta (0,8-1,0).

3. Resultados e Discussão

Os mapas gerados para o período chuvoso estão apresentados na Figura 4 com os valores de gama de 0,70 e 0,80. Observa-se que quando o valor de gama é aumentado de 0,7 para 0,8 há um incremento geral para toda a região.

Para o valor de gama igual a 0,7; aproximadamente 67% da área de estudo foi classificada com susceptibilidade média, 10% em alta e 5,5% em muito alta. Já o mapa gerado com valor de gama igual a 0,8; houve um aumento destas mesmas classes, sendo 44%, 29% e 26%, respectivamente; o que corresponde, juntas, a praticamente toda a área do município.

Analisando proporcionalmente a área urbanizada, para gama igual a 0,7; 48% situa-se em locais com susceptibilidade média, 18 % alta e 25% muito alta. Quando avaliam-se os resultados obtidos com gama igual a 0,8 os valores aumentam ainda mais (27% média, 37% alta e 34% muito alta), o que pode explicar porque ocorrem tantos desastres neste município. Quando consideram-se o eucalipto em todas as fases, em média 10% estão plantados em locais com susceptibilidade baixa, 65% média, 13% alta e 10% muito alta para o gama de 0,7. Já para o gama de 0,8; 34% estão em locais com média susceptibilidade, 30% alta e 34% muito alta. A fase do eucalipto que se mostrou em locais mais susceptíveis foi a jovem seguido do eucalipto novo e/ou solo exposto. Isso pode ser explicado não somente pelos pesos mais elevados que receberam na ponderação, mas também pelo tipo de terreno que o eucalipto é plantado na região, sendo, muitas vezes, em locais bastante acidentados.

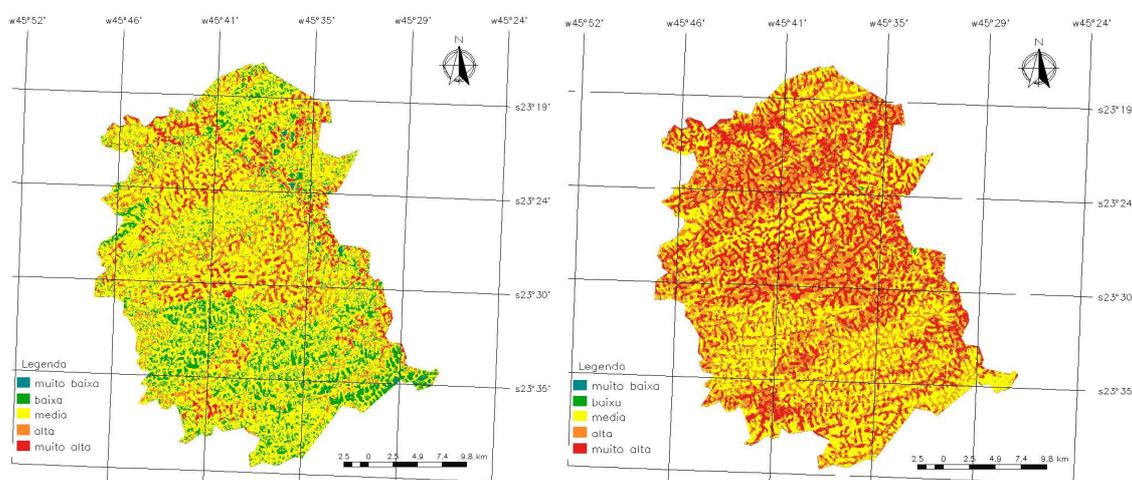


Figura 4. Mapa de susceptibilidade a deslizamentos de terra dos municípios estudados para o Período Seco com os valores de gama=0,7 (esquerda) e 0,8 (direita).

Ao observar a classe de cobertura da terra “floresta”, em que os maiores remanescentes estão bem ao Sul de Paraibuna, percebe-se duas situações diferentes para os dois gammas. Para o valor de 0.7, este uso se localiza em áreas que variam de baixa a média susceptibilidade, com apenas 3% nas classes alta e muito alta. Já para gamma de 0.8, este valor alcança os 80%, fato que representa a grande influência dos outros temas na definição da vulnerabilidade, uma vez que grande parte da floresta conservada está localizada sob regiões com altas declividades e terrenos bastante acidentados, com geologia e solos mais suscetíveis aos deslizamentos. Ou seja, mesmo que o peso da classe “floresta” seja baixo, esta técnica é capaz de fazer com que os outros fatores também se sobressaiam na análise de susceptibilidade. O mesmo pode ter ocorrido com a classe “Eucalyptus adulto” que, embora tenha recebido peso 0,5 (Tabela 1), apareceu entre as classes com mais áreas suscetíveis a deslizamentos de terra.

4. Conclusões

Por Paraibuna se localizar numa região com relevo acidentado, as características da topografia, geologia, geomorfologia e solos correspondem a uma realidade que favorece o processo de deslizamentos de terra e que, através da metodologia aplicada, pode deixar isso bem nítido e na forma espacial. O cruzamento dos mapas de susceptibilidade com o mapa de uso e cobertura da terra pode auxiliar na detecção dos locais mais suscetíveis e sua ocupação, podendo auxiliar o zoneamento ambiental do município. Neste âmbito, deve-se destacar que a área urbanizada, para os dois casos analisados neste trabalho, apresentou cerca de 30% em locais com susceptibilidade muito alta aos deslizamentos.

Referências Bibliográficas

- Aleotti, P.; Chowdhury, R. Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, vol. 58, p. 21-44, 1999.
- Almeida, A.C.; Soares, J.V. Comparação entre uso de água em plantações de Eucalyptus grandis e Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. *Revista Árvore*, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: University Press, 1998, 330 p.
- Binda, A.L.; Bertotti, L.G. Geoprocessamento aplicado à análise da bacia hidrográfica do Rio Cachoeirinha, Guarapuava-PR. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 12, 2007. Natal. Anais... Natal: UFRN, 2007.
- Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. **Degradação Ambiental**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, E. S. B.(Org.) Geomorfologia e Meio Ambiente. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 396 p.
- Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Hernadez Filho, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001, 103 p. (INPE-8454-RPQ/722).
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. Ramos, A.M.; Santos, L.A.R; Fortes, L.T.G. (Org.). Brasília, DF: INMET, 2009. 465 p.
- Oliveira, J. B.; Camargo, M. N.; Rossi, M.; Calderano Filho, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Escala 1:500.000. Campinas: Instituto Agronômico/EMBRAPA- Solos, 1999.
- Ponçano, W. L., Carneiro, C. D. R., Bistrichi, C. A., Almeida, F. F. M. E Prandini, F. L. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981.
- Rossetti, L.A.F.G.; Pinto, S.A.F.; Almeida, C.M. Geotecnologias aplicadas à caracterização das alterações da cobertura vegetal intraurbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 1-11.
- Saboya, F.; Alves, M.G.; Pinto, W.D. Assessment of failure susceptibility of soil slopes using Fuzzy logic. **Engineering Geology**, n. 86, p. 211–224, 2006.
- Valeriano, M.M.; Carvalho Júnior, O.A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n 1,p. 17-29, 2003.