

MÉTODOS PARA MAPEAMENTO DO ÍNDICE DE ESTABILIDADE DAS VERTENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRÃO – PARANAGUÁ / PR

Silva, J.P. (UFPR) ; Silveira, C.T. (UFPR) ; Fiori, A.P. (UFPR)

RESUMO

A intensa precipitação pluviométrica do dia 11 de março de 2011 desencadeou diversos processos de escorregamentos de forma simultânea na Serra do Mar Paranaense. A partir deste evento, foi possível avaliar dois métodos de mapeamento de Índice de Estabilidade que são operacionalizados em ambiente SIG para previsão de áreas susceptíveis a desestabilização das vertentes. Os dois métodos foram validados com base em um inventário de cicatrizes de escorregamentos elaborado para este evento.

PALAVRAS CHAVES

Índice de Estabilidade; Escorregamentos; Serra do Mar

ABSTRACT

The intense rainfall of March 11, 2011 triggered many landslides processes in Serra do Mar of Paraná. In these areas was selected a watershed as a geographical cut study, with the objective to evaluate two methods of Stability Index mapping, operationalized in GIS environment, aiming the forethought of susceptible areas to slope's destabilization. Both methods were validated based on an inventory of landslide scars prepared for this event.

KEYWORDS

Stability Index; landslides; Serra do Mar

INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos naturais que fazem parte da própria dinâmica das vertentes. Consiste no desprendimento e movimentação do solo, rocha e/ou vegetação ao longo de uma vertente sob ação direta da gravidade (TOMINAGA et. al., 2009). Quando estes fenômenos atingem áreas habitadas pelo homem, podem causar diversos danos e passam a se chamar desastres naturais. Uma das formas para prevenção destes desastres é adoção de mapeamentos sistematizados para a indicação das áreas mais adequadas para uso e ocupação do solo. Estes mapeamentos podem ser apoiados em métodos determinísticos que são abordagens que utilizam modelos matemáticos em bases físicas, ou seja, que podem descrever alguns dos processos e leis físicas que controlam a estabilidade de vertentes. Os mapeamentos de Índice de Estabilidade (SI) elaborados neste trabalho seguiram respectivamente as propostas metodológicas de FIORI e CARMIGNANI (2009) denominado como método (1) e aplicação da rotina customizada no aplicativo SINMAP (PACK, 1998) denominado como método (2). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi a aplicação de dois métodos de mapeamento, que utilizam como base a modelagem do fator de segurança (Fs). Os resultados obtidos foram validados a partir de um inventário de cicatrizes de escorregamento, após um evento de intensa chuva na Serra do Mar Paranaense, ocorrido no dia 11 de março de 2011. Como recorte de estudo foi adotada a bacia hidrográfica do Rio Ribeirão devido a sua representatividade, uma vez que se localiza dentro da área onde ocorreram escorregamentos no episódio de intensa chuva. A área de estudo possui uma área de aproximadamente 16,511km² e se localiza no município de Paranaguá/PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizados os dados espaciais da carta 2858-2 NO do Mapeamento Pró-Atlântica disponíveis no sítio do ITCG do Paraná. A primeira etapa consistiu na elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) em formato grid, com pixel de 5 metros, a partir dados espaciais:

curvas de nível, pontos cotados e drenagem. Os parâmetros geotécnicos utilizados basearam-se nos ensaios de cisalhamento direto realizados por Kozciak (2005) na bacia hidrográfica do rio Marumbi, sendo distribuídos de acordo com as unidades de mapeamento de solos identificadas na Bacia do Rio Ribeirão. O primeiro mapa de Índice de estabilidade (SI) segue a equação 9-22 do fator de segurança proposto por Fiori e Carmagnani (2009, p. 334). Para razão hw/h (Altura da zona de solo saturado perpendicular à vertente / Profundidade do solo perpendicular à vertente) foi adotado o valor de 1 levando em consideração a saturação completa do solo durante os escorregamentos. Os valores para o atrito das raízes no plano de movimentação e pressão do vento sobre uma cobertura vegetal para o método (1) foram respectivamente 3,0 kPa (WOLLE & PEDROSA, 1981) e 1,0 kPa (FENDRICH & FERREIRA, 1995). A aplicação da equação foi realizada no software ArcGIS 9.3.1 (ESRI, 2006). O segundo mapa de Índice de Estabilidade (SI) seguiu o roteiro metodológico indicado pelo manual do software SINMAP (PACK, 1998). Neste método os valores de entrada de coesão adimensional, transmissividade/precipitação, ângulo de atrito foram inseridos considerando valores máximos e mínimos para cada variável. Neste trabalho, foram adotadas 5 classes para a indicação de estabilidade. Para conferir a confiabilidade dos métodos aplicados adotou-se a sobreposição de um inventário com 232 cicatrizes de escorregamentos que compreende a área selecionada para este estudo. Este inventário foi confeccionado pelo Núcleo de Geoprocessamento da UFPR, sendo elaborado a partir da imagem Wordview 1 tomada logo após o evento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dois procedimentos metodológicos as áreas instáveis cujo Índice de Estabilidade é menor do que um ($SI < 1$), estão situadas na porção oeste da bacia do Ribeirão. Desta maneira, os mapeamentos estão coerentes com a configuração geológica-geomorfológica da área de estudo. Cerca de 67% da bacia apresenta alta dissecação com declividades superiores a 15° que estão condicionadas pelas descontinuidades das estruturas geológicas Graníticas/Gnássico-Migmatíticas da Serra do Mar e pela elevada precipitação anual de cerca de 3600 mm. As declividades superiores a 22° com associação de Neossolos Litólicos+Cambissolos foram definidas como as áreas mais instáveis pelo método (1). O método (2) considera áreas instáveis a partir das declividades de 12° . Os solos para essa classe compreendem parte da associação de Cambissolos, sendo que a maioria é constituída pela associação de Neossolos Litólicos+Cambissolos. Conforme o inventário de cicatrizes, a base cartográfica e o mapa de solos utilizados, os escorregamentos estão situados em declividades superiores a 14° , acima de 400 metros de altitude sobre forte presença da associação de Neossolos Litólicos + Cambissolos e uma representativa parcela de associações de Cambissolos. O método (1) demarcou 27,76% da área como Instável, resultando em um acerto de 62,81% dos escorregamentos espacializados no inventário de cicatrizes. Desta classificação, 83% coincidem com a classificação do SINMAP. O método (2) demarcou 45,50% da área como Instável, tendo um total de acerto 73,74% para esta classe. O método (2) obteve um melhor nível de acerto considerando o universo total de escorregamentos nas áreas instáveis do que o apresentado pelo método (1). Entretanto, se analisarmos o mapa é possível observar que este método superestimou uma área maior sujeita a deflagração de escorregamentos. Para a classe Muito Baixa Estabilidade (1-1,25), as áreas indicadas pelo método(2) são 53,74% idênticas espacialmente ao método (1). As declividades para esta classe nos dois métodos variam de 9° até 26° . As classes definidas como Baixa Estabilidade (1,25-1,5) e Moderada (1,5-2), pouco coencidem espacialmente entre as mesmas classes para os dois mapeamentos. Esta variação se deve principalmente aos critérios de modelagem adotados para cada método. Para as áreas de Baixa Estabilidade houve o predomínio de associações de Latossolos+Argissolos e a ocorrência de algumas áreas com Cambissolos e Neossolos+Cambissolos. As classes de Moderada Estabilidade predominaram as associações de Latossolos+Argissolos. As classes de Muito Baixa Estabilidade e Baixa Estabilidade do método (1) somadas concentraram 27,71% de acerto com relação ao inventário de cicatrizes. As mesmas classes para o método (2) obtiveram 23,18% de acerto. Os escorregamentos registrados nestas classes estão relacionados também a transbordamentos de material das áreas mais instáveis, assim como nas classes de Moderada Estabilidade e Estável. O método (1) considerou as áreas com até 14° de declividade como estáveis e o método (2) considerou com até 12° . Nesta classe, os dois procedimentos metodológicos apresentam uma boa correlação, aonde cerca de 78% do método (2) é igual ao método (1). Em ambos os métodos, existe a predominância da classe estável para os

Gleissolos que predominam nas áreas mais aplainadas e associação de Latossolos+Argissolos onde as declividades são de até 12°, ou seja, áreas suaves onduladas. A validação dos mapeamentos possibilitou averiguar a eficiência do emprego de métodos matemáticos para a indicação de áreas susceptíveis a escorregamentos rasos. Para a definição destas áreas e suas respectivas classes de estabilidade, a inclinação da vertente se mostrou o atributo de maior representatividade para os modelos empregados. Mesmo assim, a espacialização das informações geotécnicas e a equação do fator de segurança (Fs) foram determinantes para o resultado final para cada método.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados não devem ser interpretados como numericamente precisos, sendo mais apropriado se interpretados em termos de risco relativo. Não foi possível correlacionar todas as classes de Índice de Estabilidade, pois estas se apresentaram com distribuição espacial diversificada entre os dois métodos. As diferenças dos resultados apresentados estão relacionados a aplicação diferenciada do fator de segurança (FS) para cada procedimento metodológico. O método (1) considera valores únicos para as propriedades físicas dos solos e o método (2) é possível estabelecer valores máximos e mínimos e adota critérios probabilísticos para a mesma área de calibração. A precisão dos resultados está intimamente relacionada com a qualidade dos dados e recursos empregados, sejam eles cartográficos ou dados geotécnicas dos solos. Os dois métodos possibilitam que diversas simulações sejam efetuadas com base em equações que procuram representar a instabilidade das vertentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, F.F.M. e CARNEIRO, C.D.R - 1998 - Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.28, n.2, p. 135-150.

FENDRICH, R. e FERREIRA, M. A. (1995). Rosa de Freqüência dos Ventos no Estado do Paraná. Revista Acadêmica da PUC/PR. Vol. 11, p. 49 - 57.

FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. (2009) Fundamentos de Mecânica dos solos e das rochas: aplicação na estabilidade de taludes - Ed. UFPR - Curitiba, PR.

GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; FERNANDES, N.F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. G. (Orgs). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008. Cap. 6, p. 159-184.

KOZCIAK, S. Análise Determinística da Estabilidade de Vertentes na Bacia do Rio Marumbi - Serra do Mar - Paraná. Curitiba, 2005, p. 151. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 3º. edição. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

PACK, R. T., D. G. TARBOTON AND C. N. GOODWIN, "The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping," Paper Submitted to 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September 1998.

SILVEIRA, C. T. "Análise Digital do Relevo na predição de unidades preliminares de s de Transimapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais". Tess de Transie (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TOMINAGA, L. K. (Org.); SANTORO, J. (Org.); AMARAL, R. (Org.) . Desastres Naturais: conhecer para prevenir. 1ª. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. v. 01. 196 p.

WOLLE, C. M. e PEDROSA, J. A. B. (1981). Horizontes de Transição Condicionam Mecanismo de

Instabilidade de Encostas na Serra do Mar. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, ABGE, vol. 2, p. 121 - 135. Itapema - SC.