

# USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

## USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

Lopes, F.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>UFPR *Email*:costageo@gmail.com;

### **RESUMO:**

O uso de diferentes metodologias para validação de um modelo de estabilidade de encosta é abordado nesse trabalho. Dois métodos distintos são analisados para validar o uso do modelo aplicado em uma bacia hidrográfica no município de Antonina, Paraná. Para o cálculo da eficiência da simulação o índice de sucesso (SR) e o índice KAPPA são levados em consideração. Apesar do maior acerto do SR, o KAPPA retrata melhor a coincidência entre o simulado e as cicatrizes reais mapeadas na área de estudo.

### **PALAVRAS CHAVES:**

*kappa; deslizamentos; validação*

### **ABSTRACT:**

The use of different methodologies to validate a slope stability model is the aim of this paper. Two different methods are considered to validate the use of a model in a watershed in the city of Antonina, Paraná. To calculate the efficiency of the simulation, the success rate (SR) and the KAPPA index are taken into consideration. Despite the higher accuracy of the SR, the KAPPA better shows the coincidence between the simulated and real landslides mapped in the study area.

### **KEYWORDS:**

*kappa; landslides; accuracy*

### **INTRODUÇÃO:**

Deslizamentos de terra causam grandes danos à infraestrutura e à sociedade ao redor de todo o mundo. Muitos estudos são realizados com a finalidade de compreendê-los melhor e assim prevê-los com mais precisão a fim de evitar eventos catastróficos futuros. Um dos métodos utilizados para entender deslizamentos de terra é a modelagem matemática, que há tempos é utilizada com esse fim. Muitos trabalhos são feitos com modelos físicos (SINMAP, SHALSTAB, TRIGRS, entre outros) para indicar áreas propícias a ocorrência de movimentos de massa, porém a acurácia dos resultados muitas vezes não é verificada de modo adequado. Índices de sucesso (SR) usados para validar esses modelos (Montgomery e Dietrich, 1994; Duan e Grant, 2000; entre outros) levam em consideração apenas os pixels classificados como instáveis que coincidem com as áreas de deslizamentos mapeadas em campo sem, no entanto, considerar os erros associados. O índice KAPPA, por outro lado, usa os acertos e os erros da simulação no

## USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

calculado da eficiência final do modelo. Esse índice foi usado para validar classificação de imagens de satélite (Lobão ET AL, 2005; Congalton, 2005) e na validação de modelos de deslizamentos de encosta (Eeckhaut et al, 2009; Huang e Kao, 2006; Sterlacchini et al, 2011; Lai e Tsai, 2012; Lopes, 2013). Apesar de apresentar resultados mais fiéis nas validações das simulações, o índice KAPPA deve ser usado de modo adequado a fim de se evitarem paradoxos em seus resultados (Hoehler, 2000; Lobão et al, 2005; Sim e Wright, 2005; Cunningham, 2009). Este artigo mostra o uso do índice KAPPA na validação de um modelo de estabilidade proposto para a Serra do Mar paranaense e suas vantagens sobre o índice de sucesso (SR) muitas vezes usado para esta finalidade.

### **MATERIAL E MÉTODOS:**

Para alcançar o objetivo desse trabalho foi utilizada uma área de estudo no município de Antonina, Paraná. Esta área compreende uma bacia hidrográfica denominada bacia do Bom Brinquedo com área total de 0,17 km<sup>2</sup>. Na região de Antonina ocorreu um evento extremo de pluviosidade em Março de 2011 com locais apresentando precipitação acumulada em 24 horas superiores a 300 mm. Os resultados desse evento foram deslizamentos de terra com casas destruídas e perda de vidas. Os deslizamentos ocorridos na bacia do Bom Brinquedo foram mapeados com o auxílio de imagens aéreas e vetorizados para serem usados na validação da simulação de estabilidade de encosta. O modelo usado nesse trabalho foi o descrito e programado de acordo com Lopes (2013). Para a modelagem foram usadas informações topográficas obtidas do plano diretor do município de Antonina com curvas de nível equidistantes 5 metros, dados de solo (coesão e ângulo de atrito) de amostras retiradas da própria bacia assim como ensaios de condutividade hidráulica da mesma área. O índice de sucesso (SR) é calculado com a razão entre os deslizamentos classificados corretamente pela simulação como instáveis com o total de deslizamentos mapeados. Um deslizamento é composto por mais de um pixel, logo se um pixel ou mais do deslizamento for classificado como instável, o deslizamento é considerado corretamente classificado (Huang e Kao, 2006). O índice KAPPA é calculado usando-se uma matriz de confusão que leva em consideração os acertos e os erros na classificação dos pixels tidos como instáveis e estáveis pelo modelo. Nesse caso a relação acontece entre todos os resultados possíveis: pixels instáveis que coincidem com os polígonos de deslizamento, pixels instáveis que não coincidem com os polígonos de deslizamentos, pixels estáveis classificados corretamente e pixels estáveis classificados incorretamente. Com essa análise e os devidos cuidados na aplicação do KAPPA, sua eficiência foi calculada e comparada com o SR.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

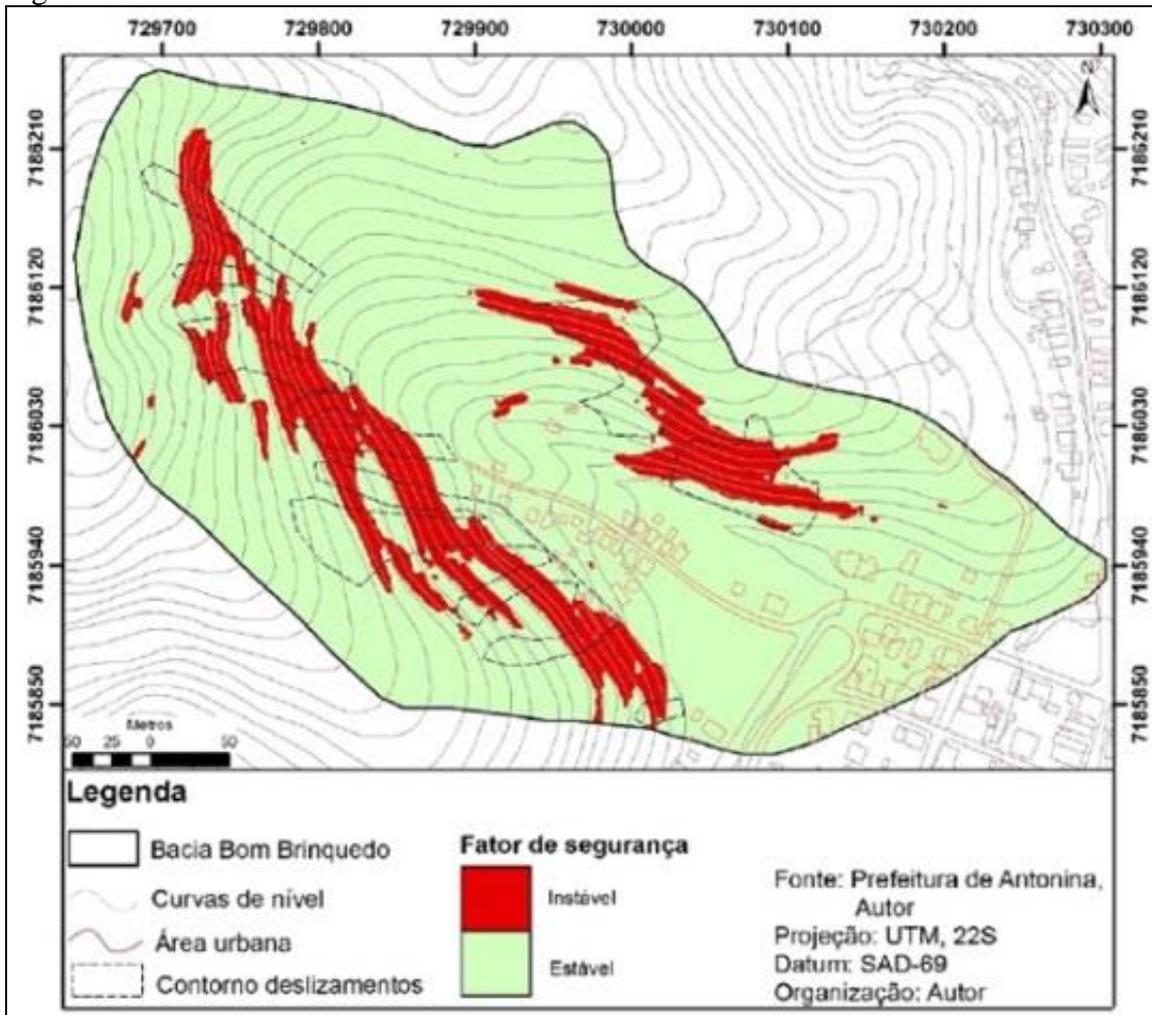
Com os dados topográficos foi feito um modelo digital de terreno (MDT) da bacia usando a ferramenta Topo to grid do software ArcGis 9.3. A vetorização dos deslizamentos que ocorreram no local de estudo identificou dez movimentos de massa, totalizando 14% da bacia com deslizamentos. O produto da simulação de estabilidade de encosta mostrou um cenário com 16% da área total da bacia considerada como instável (figura 1). O cálculo do índice de sucesso (SR) mostra uma taxa de acerto da

## USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

simulação de 100%. Como esse índice leva em consideração apenas os deslizamentos classificados corretamente como instáveis e sua relação com o total de deslizamentos mapeados, a eficiência verdadeira do modelo fica prejudicada, pois os pixels classificados erroneamente ficam fora de qualquer análise do SR. Complementarmente os pixels classificados como estáveis, mas que na verdade deveriam ser instáveis (pois estão dentro de polígonos de deslizamentos) também não são considerados no resultado final. O SR se beneficia da superestimação feita por simulações de estabilidade de encosta, já que quanto maior forem as áreas instáveis simuladas, maior tende a ser o coincidência com as cicatrizes de deslizamentos mapeadas e conseqüentemente melhor vai ser sua eficiência. O índice KAPPA calculado teve uma eficiência final de 40% conforme sua matriz exposta abaixo (figura 2). Pode-se observar que, como esperado, o SR obteve um resultado superior ao KAPPA na eficiência da modelagem. Isso pode ser explicado com base na análise limitada que o SR permite. A aplicação simples do índice de sucesso superestima a eficiência de qualquer modelagem já que o fato de apenas um pixel ser classificado corretamente basta para caracterizar o bom desempenho do modelo. A aplicação do índice KAPPA, pelo contrário, apesar de mostrar uma eficiência mais baixa traz um resultado mais real da eficiência total do modelo, pois a inclusão dos pixels classificados erroneamente a análise torna o modelo mais sensível aos dados reais obtidos no mapeamento das cicatrizes na bacia e a avaliação do resultado mais robusta. É importante salientar que qualquer que seja o método utilizado para a avaliação final de um modelo ele está sempre associado aos erros acumulados durante todo o processo da simulação. O índice KAPPA não mostra a qualidade do mapa resultante da simulação matemática, ele evidencia apenas as coincidências entre o simulado e o mapeado em levantamento de campo. Por esse motivo o KAPPA deve ser usado em situações onde os dados utilizados são confiáveis a fim de se obter uma eficiência final com menos interferências possíveis.

# USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

Figura 1



Simulação de áreas instáveis com movimentos de massa vetorizados.

Figura 2:

Índice KAPPA	Pixels instáveis	Pixels estáveis
Áreas instáveis	12103	12014
Áreas estáveis	13770	134750

Matriz usada para cálculo do índice KAPPA.

## USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

A utilização de metodologias para avaliar uma simulação matemática requer ressalvas. Os índices usados nesse trabalho mostram que dependendo da escolha, o resultado final da análise está sujeito a alterações significativas. Quanto mais sensível a metodologia escolhida for aos dados obtidos em campo mais fiel será o cálculo final de sua eficiência. O uso do KAPPA para validar simulações de áreas instáveis é viável e mais próximo à realidade evidenciando possíveis superestimações de modelos.

### **AGRADECIMENTOS:**

Ao professor Dr. Irani dos Santos e aos integrantes do Laboratório de Hidrogeomorfologia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:**

CONGALTON, R. G. Thematic and Positional Accuracy Assessment of Digital Remotely Sensed Data. Anais do Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, Portland, EUA, 2005.

CUNNINGHAM, M. More than Just the Kappa Coefficient: A Program to Fully Characterize Inter-Rater Reliability between Two Raters. SAS Global Forum, Washington, EUA, 2009.

DUAN, J. E GRANT, G. E.: Shallow landslide delineation for steep forest watersheds based on topographic attributes and probability analysis, in: Terrain Analysis – Principles and Applications. New York, p. 311–329, 2000.

EECKHAUT, M. V. D.; REICHENBACH, P.; GUZZETTI, F.; ROSSI, M.; POESEN, J. Combined landslide inventory and susceptibility assessment based on different mapping units: an example from the Flemish Ardennes, Belgium. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, p.507–521, 2009.

HOEHLER, FRED K. Bias and prevalence effects on kappa viewed in terms of sensitivity and specificity in: Journal of Clinical Epidemiology, 53, p. 499-503, 2000.

HUANG, J. C.; KAO, S. J. Optimal estimator for assessing landslide model performance. Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, p. 957–965, 2006

LAI, J. S.; TSAI, F. Verification And Risk Assessment For Landslides In The Shimen Reservoir Watershed Of Taiwan Using Spatial Analysis And Data Mining. Anais do XXII ISPRS Congress, Melbourne, Australia, 2012.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005

USO DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA VALIDAÇÃO DE  
MODELAGEM DE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

LOPES, F. C. A. Avaliação Da Influência Da Distribuição Espacial Da Espessura Do Solo e Do Nível Freático Na Estabilidade De Encosta. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MONTGOMERY, D. R.E DIETRICH, W. E.: A physically based model for the topographic control on the shallow landsliding, Water Resour. Res., 30, p. 1153–1171, 1994.

SIM, J.; WRIGHT, C. C. The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. Physical Therapy . Volume 85. N. 3, 2005.

STERLACCHINI, S.; BALLABIO, C.; BLAHUT, J.; MASETTI M.; SORICHETTA, A. Spatial agreement of predicted patterns in landslide susceptibility maps. Geomorphology 125, p. 51–61, 2011.