

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS MODELOS SHALSTAB, SINMAP E TRIGRS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS RASOS NAS BACIAS TABOÃO E MATADOR, RIO DO SUL (SC)

Leonardo Rodolfo Paul¹ ; Bruno Henrique Abatti²; Gean Paulo Michel³

RESUMO – Os movimentos de massa são processos naturais de evolução da paisagem, os quais podem afetar comunidades e causar grandes danos à sociedade. Os escorregamentos translacionais rasos representam um dos movimentos de massa mais comuns e normalmente são deflagrados por chuvas intensas. Portanto, é importante utilizar ferramentas que permitam identificar os locais suscetíveis a esse tipo de fenômeno de maneira fidedigna à realidade. Dentre essas ferramentas, existem três modelos bastante utilizados: SHALSTAB, TRIGRS e SINMAP. Este trabalho procurou avaliar o desempenho desses modelos aplicando-os às bacias Taboão e Matador no município de Rio do Sul/SC. O desempenho das simulações foi avaliado por índices de acerto e de erro. Ao comparar os mapas que indicam as instabilidades, percebe-se que o modelo SHALSTAB conseguiu uma melhor relação entre acertos e erros (7,11), seguido do TRIGRS (6,62), enquanto o SINMAP possui o menor desempenho (5,44). Conclui-se que em casos de escassez de dados, é aconselhável optar pelo modelo SHALSTAB, uma vez que exige poucas informações de entrada e apresenta resultados satisfatórios.

ABSTRACT– Mass movements are natural landscape evolution processes, which can affect communities and cause great damage to society. Among them, shallow landslides are one of the most common and are usually triggered by extreme rainfalls. Thus, it is important to use tools which identify landslide prone areas reliably to reality. Amid these tools, there are three widely utilized models: SHALSTAB, TRIGRS and SINMAP. In this regard, the present study assesses the performance of these three models applying them in Taboão and Matador basins, in Rio do Sul municipality. The simulations performances were assessed by success and error indexes. When comparing the instability mapping, SHALSTAB presented the best relation between success and error (7,11), followed by TRIGRS (6,62), while SINMAP had the least suitable results (5,44). In situation of scarcity of data, SHALSTAB is recommended, since it provides reasonable results with few input parameters.

Palavras-Chave – Estabilidade de encostas; Escorregamentos; Modelagem matemática.

1) IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, leonardorpaul@gmail.com, (47) 98881 6320

2) IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, bruno.abatti@gmail.com, (47) 9960 13143

3) IPH/UFRGS, Porto Alegre, RS, gean.michel@ufrgs.br, (51) 3308 6414

1. INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos naturais que exercem papel fundamental na evolução da paisagem. Assim, sua ocorrência altera a geomorfologia local, fornece grande aporte de sedimentos às calhas fluviais (TAKAHASHI, 2007). Os escorregamentos translacionais rasos são uma das formas mais comuns de movimento de massa e ocorrem normalmente quando há uma precipitação extrema, na qual uma porção de solo irá se deslocar sobre uma superfície de ruptura planar (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Os escorregamentos translacionais rasos ocorrem subitamente e, quando atingem uma comunidade, podem causar perdas humanas, socioeconômicas e ambientais. Comparado às inundações, os estragos provenientes de escorregamentos são mais difíceis de serem recuperados (KOBAYAMA *et al.*, 2010). Por conseguinte, surge a necessidade de compreender o fenômeno e identificar os locais suscetíveis a sua ocorrência. Com isso é possível elaborar mapas de perigo - medida essencial para o planejamento e aplicação de medidas estruturais e não-estruturais de gestão de risco de desastres por escorregamentos. Por conta disso, é essencial que o método utilizado para a identificação de áreas suscetíveis a escorregamentos conceda resultados confiáveis. Um dos métodos existentes é a modelagem matemática do fenômeno, onde um modelo de estabilidade de encostas é acoplado a um modelo hidrológico.

Dentre os modelos existentes, o *Shallow Landsliding Stability Model* (SHALSTAB) (MONTGOMERY; DIETRICH, 1994), *Stability Index Mapping* (SINMAP) (PACK; TARBOTON; GOODWIN, 1998) e *Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model* (TRIGRS) (BAUM; SAVAGE; GODT, 2008) são amplamente utilizados. Cada um deles possui um princípio de funcionamento diferente e como são ferramentas importantes para a gestão de risco a escorregamentos, precisam ter seu desempenho avaliado e comparado. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação comparativa dos desempenhos dos modelos TRIGRS, SHALSTAB e SINMAP aplicando-os nas bacias Taboão e Matador, no município de Rio do Sul, SC.

2. BASE TEÓRICA

2.1 Equação de estabilidade de encosta infinita

Todos os três modelos abordados utilizam como base a equação de estabilidade de encosta infinita. Essa equação é uma aproximação bidimensional que se baseia na lei de Mohr-Coulomb, onde são consideradas as condicionantes resistivas e desestabilizantes contabilizadas para a região

basal de um bloco de solo. Nesta equação os efeitos das laterais e das partes de montante e jusante do bloco de solo analisado são desconsiderados, o que origina o nome da equação. Além disso, considera-se que a superfície do solo é paralela ao plano de ruptura e à superfície do nível da água no solo. Normalmente o cálculo é expresso na forma de um fator de segurança (FS), que conceitualmente é expresso por:

$$FS = \frac{c + (\sigma - p) \tan \varphi}{\tau} \quad (1)$$

onde c representa valores de coesão do solo (pode incluir efeitos coesivos por conta da vegetação), σ é a tensão normal exercida pela massa de solo e água, p é a poro-pressão, φ é o ângulo de atrito do solo e τ é a tensão cisalhante (Figura 1). Dessa forma, valores de $FS > 1$ indicam estabilidade, $FS < 1$ indicam instabilidade e $FS = 1$ indicam que a encosta está no limiar da estabilidade.

2.2 Modelos hidrológicos

Os modelos SHALSTAB e SINMAP utilizam um módulo hidrológico permanente para estimar o nível de saturação do solo, tendo como base comportamentos de fluxo similares aos adotados pelo TOPMODEL (BEVEN e KIRKBY, 1979) e TOPOG (O'LOUGHLIN, 1986).

$$W = \frac{q \cdot a}{b \cdot T \cdot \sin \theta} \quad (2)$$

$$T = K_s \cdot z \cdot \cos \theta \quad (3)$$

onde W representa o grau de saturação do solo [m/m], q a taxa de recarga de água no solo [m/d], a a área de contribuição à montante [m²], b o comprimento de contorno [m], K_s é a condutividade hidráulica saturada [m/d], z a profundidade do solo [m] e θ é a declividade da encosta [°].

O modelo hidrológico do TRIGRS é transiente, portanto, calcula a alteração da poro-pressão ao longo do tempo a partir de uma determinada precipitação. Dessa forma, o modelo consegue indicar a profundidade e o momento de ocorrência de escorregamentos. O modelo utiliza curvas características de retenção de água no solo propostas por Gardner (1958) e soluções linearizadas da equação de fluxo de água em solos não-saturados. A formulação final para o cálculo da variação da carga hidráulica da água subsuperficial em condição inicial não-saturada é dada por:

$$\psi(Z, t) = \frac{\cos \delta}{\alpha_{ga} \cos^2 \theta} \ln \left[\frac{K(Z, t)}{K_s} \right] + \psi_0 \quad (4)$$

onde δ é o conteúdo volumétrico de água no solo, α_{ga} corresponde ao parâmetro exponencial da equação de Gardner e ψ_0 é o potencial acima da franja capilar e é dado por:

$$\psi_0 = -\frac{1}{\alpha_{ga}} \quad (5)$$

2.3 SHALSTAB

A formulação final do SHALSTAB, considerando o modelo de encosta infinita e o modelo hidrológico permanente, é expresso pela seguinte equação:

$$\frac{q}{T} = \frac{b}{a} \sin \theta \left\{ \frac{\rho_s}{\rho_w} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \varphi} \right) + \frac{c}{\cos^2 \theta \cdot \tan \varphi \cdot \rho_w \cdot g \cdot z} \right\} \quad (6)$$

onde: ρ_w a massa específica da água [kg/m^3]; ρ_s a massa específica do solo.

O SHALSTAB, por padrão, possui sete classes de estabilidade, uma incondicionalmente instável, outra incondicionalmente estável e as demais são definidas por intervalos de $\log q/T$. A resposta é dada como um potencial de instabilidade, sendo que classes com maiores valores de $\log q/T$ indicam áreas que precisam de chuvas mais intensas para se tornarem instáveis. Dessa maneira, o modelo apresenta uma resposta que não necessita de um dado de chuva como entrada e fornece classes de propensão ao escorregamento.

2.4 SINMAP

Esse modelo possui uma abordagem estocástica, utilizando o método de Monte Carlo, o qual combinará diferentes valores de parâmetros dentro de uma faixa fornecida pelo usuário para calcular um índice de estabilidade (*stability index – SI*). Considerando o modelo de estabilidade de encosta infinita e o modelo hidrológico permanente, a formulação final do SINMAP é dada por:

$$FS = \frac{c_a + \cos \theta \cdot \left[1 - \text{Min} \left(\frac{q \cdot a}{T \cdot b \cdot \sin \theta}, 1 \right) \cdot r \right] \cdot \tan \theta}{\sin \theta} \quad (7)$$

$$SI = \text{Probabilidade} (FS > 1) \quad (8)$$

2.5 TRIGRS

O TRIGRS apresenta os resultados diretamente na forma de FS , conforme a seguinte equação:

$$FS = \frac{\tan \varphi}{\tan \theta} + \frac{c - \psi(z, t) \cdot \rho_w \cdot g \cdot \tan \varphi}{\rho_s \cdot g \cdot z \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta} \quad (9)$$

onde θ a declividade da encosta; ψ o potencial do solo; g a aceleração gravitacional e z a profundidade do solo. Os efeitos provenientes do nível de saturação estão representados no cálculo potencial do solo, na qual os valores irão aumentar conforme o aumento do nível do lençol freático.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As bacias Taboão e Matador (Figura 2) estão localizadas na região sudeste do município de Rio do Sul, SC e possuem área de 54,8 km², com área rural ao norte e urbana ao sul. O município possui clima temperado, mesotérmico brando e superúmido, com temperaturas médias de 10 a 15 °C. Está localizado a uma altitude média de 340 m acima do nível do mar e chega a 824 metros na Serra Mirador. A região passa por precipitações extremas recorrentemente e sofre com escorregamentos. Em 8 e 9 de setembro de 2011 houveram precipitações de 86,2 e 70,0 mm, respectivamente e diversos escorregamentos foram deflagrados pelo município. Um inventário com as cicatrizes de escorregamentos existentes na bacia pode ser encontrado em Paul, Schwarz e Michel (2018).

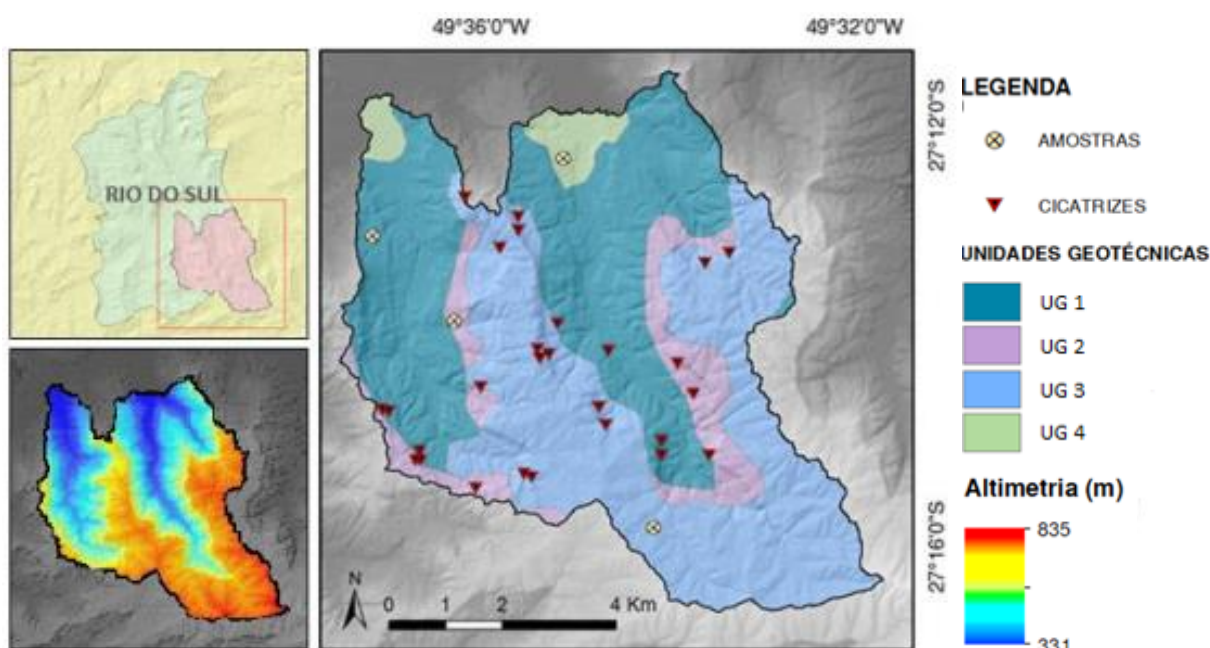


Figura 2 – Localização da área de estudo, UGs e pontos de amostragem

3.2 Parâmetros de entrada

Cada modelo demanda uma quantidade diferente de parâmetros de entrada, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de entrada para cada modelo

SHALSTAB	SINMAP	TRIGRS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ coesão do solo ▪ ângulo de atrito interno do solo ▪ massa específica do solo ▪ profundidade do solo ▪ MDT 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ coesão do solo ▪ ângulo de atrito interno ▪ massa específica do solo ▪ profundidade do solo ▪ MDT ▪ taxa de transmissividade por recarga efetiva (T/q) ▪ índice de umidade ▪ precipitação 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ coesão do solo ▪ ângulo de atrito interno ▪ massa específica do solo ▪ profundidade do solo ▪ MDT ▪ condutividade hidráulica saturada ▪ difusividade hidráulica ▪ conteúdo volumétrico de água em solo saturado ▪ conteúdo volumétrico residual de água no solo ▪ parâmetro α da equação de Gardner ▪ índice de umidade ▪ precipitação

O MDT utilizado provém da base de dados do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC) da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS), com resolução 1 m x 1 m, reamostrado para 5 m x 5 m para reduzir o requerimento de processamento computacional.

A precipitação utilizada para as simulações corresponde ao evento de setembro de 2011, com uma precipitação acumulada de 156,2 mm em 48 horas. Para o TRIGRS a precipitação foi distribuída ao longo das 48 horas em intervalos de 3 horas, enquanto para o SINMAP ela foi convertida em uma taxa de recarga uniforme diária (m/d) para determinar a taxa de recarga efetiva (T/q).

Foi utilizada uma profundidade de solo de 1,05 m, que corresponde ao valor intermediário da faixa de profundidades máximas e mínimas indicados no Mapa de Solos da EMBRAPA (2004). Os valores de coesão, ângulo de atrito interno, massa específica do solo e parâmetros hidráulicos do solo foram obtidos a partir do estudo realizado por Paul, Schwarz e Michel (2018). A Tabela 2 apresenta os valores utilizados separados em quatro regiões denominadas unidades geotécnicas (UG), conforme aplicação para o TRIGRS. Para o SHALSTAB, foram utilizadas as médias dos valores e para o SINMAP foram utilizados os valores máximos e mínimos para compor a faixa de simulação.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros para cada UG

Parâmetro	UG1	UG2	UG3	UG4
θ_r (m ³ /m ³)	0,0953	0,09	0,0547	0,0874
θ_s (m ³ /m ³)	0,4808	0,4638	0,3946	0,4595
a_{ga} (1/m)	0,1645	0,1897	0,3881	0,1952
K_s (m/s)	1,62E-03	1,38E-03	1,70E-03	1,40E-03
D_0 (m ² /s)	2,55E-02	1,94E-02	1,29E-02	1,93E-02
γ_s (N/m ³)	21211,84	21045,24	20367,08	21003,10
ϕ (°)	31,18	29,97	35,15	35,49
c (kPa)	6,98	3,10	1,20	5,10

3.3 Avaliação do desempenho dos modelos

O desempenho de cada modelo foi avaliado por meio dos índices de acerto (*IA*) e de erro (*IE*) propostos por Sorbino *et al.* (2010):

$$IA = \sum \left(\frac{A_{dentro}}{A_{instável}} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

$$IE = \sum \left(\frac{A_{fora}}{A_{estável}} \right) \cdot 100 \quad (11)$$

onde A_{dentro} é a área classificada como instável pelo modelo compatível com as cicatrizes; $A_{instável}$ é a área das cicatrizes; A_{fora} é a área classificada como instável pelo modelo fora dos limites das cicatrizes; $A_{estável}$ é toda a área da encosta exterior às áreas das cicatrizes. Dessa maneira, *IA* representa os verdadeiros positivos e *IE* os falsos positivos. Para comparar os diferentes modelos, pode ser utilizada a relação *IA/IE*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para cada um dos modelos, apresentando a porcentagem de área comportada em cada uma das classes do modelo.

Tabela 4 – Áreas comportadas em cada classe de resposta para os diferentes modelos

SHALSTAB		SINMAP		TRIGRS	
-log(q/T)	Área (%)	SI	Área (%)	FS	Área (%)
Inc. Instável	1,13	0 - 0,5	6,15	0-0.5	0,86
< -3,1	0,75	0,5 - 1	2,88	0.5-1.0	5,85
-3,1 - -2,8	0,63	1 - 1,25	7,39	1.0-2.5	10,55
-2,8 - -2,5	1,48	1,25 - 1,5	8,35	2.5-5.0	82,73
-2,5 - -2,2	2,25	1,5 - 10	75,23		
> -2,2	1,78				
Inc. Estável	91,98				

Para o SHALSTAB, foram considerados como áreas instáveis valores de log q/T de até -2,5. Para o SINMAP e TRIGRS, foram considerados como instáveis valores de SI e FS de até 1. Com isso, foram calculados os índices de acerto e de erro, que podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 – Índices de acerto e erro para cada modelo

	SHALSTAB	SINMAP	TRIGRS
IA	28,20	49,04	38,67
IE	3,97	9,01	5,84
IA/IE	7,11	5,44	6,62

O modelo SHALSTAB foi o que possui menor taxa de acertos, com 28,2%. Apesar disso, sua taxa de áreas classificadas erroneamente como instáveis também foi baixa, com 3,97%. Embora seja o modelo com menor quantidade de áreas instáveis, foi o único a apontar instabilidades na região nordeste da área de estudo (Figura 3 – A). O SINMAP, por executar diversas simulações para compor seu índice de instabilidade, identificou-a como área pouco propensa à escorregamentos, enquanto o TRIGRS permitiu discriminar essa área das demais, sendo esta a UG com maior valor de coesão.

O modelo com maior índice de acerto foi o SINMAP, com 49,04%, entretanto a área classificada erroneamente como instável (9,01%) foi maior que o dos demais modelos, resultando em uma grande quantidade de erros. Dessa maneira, a sua relação entre erro e acerto foi a menor dentre as simulações. Michel, Kobiyama e Goerl (2014) também notaram um desempenho mais baixo do SINMAP ao compará-lo com o SHALSTAB para a bacia do Rio Cunha, SC.

O TRIGRS acertou 38,67% das áreas de cicatrizes, com erro de 5,84%. Seu desempenho ficou entre o SINMAP e o SHALSTAB. As áreas instáveis no TRIGRS ficaram mais concentradas em algumas faixas do mapa (Figura 3 – C), enquanto os outros dois modelos, especialmente o SINMAP,

apresentaram maior dispersão. Esse comportamento pode estar associado à possibilidade de espacialização dos parâmetros de entrada e indicar regiões com parâmetros mais favoráveis à estabilidade.

Alguns estudos apontam o melhor desempenho para o modelo TRIGRS (SALCIARINI; CONVERSINI, 2007; ZIZIOLI, D.; VALENTINO, R.; MONTRASIO, L., 2013). Geralmente os melhores resultados estão associados a possibilidade de espacializar os parâmetros de entrada, permitindo separar as regiões com características de solo diferentes. Entretanto, informações como profundidade do solo foram consideradas homogêneas ao longo de toda a bacia nesse estudo, deixando de aproveitar a vantagem dada pelo TRIGRS. Além do mais, o valor de profundidade do solo, que é de extrema importância para um modelo de estabilidade, foi obtido a partir de um mapa com escala grande (1:250.000) e pode não representar a condição real. Portanto, é perceptível que em situações onde há a falta de informações, o modelo SHALSTAB acaba sendo a alternativa mais indicada, uma vez que fornece resultados satisfatórios sem exigir muitos parâmetros de entrada.

A Figura 3 - D, apresenta as manchas de áreas instáveis sobrepostas de todos os modelos, indicando a região em que todos indicaram instabilidade. Com isso é possível perceber que cada modelo possuiu uma parcela de discordância, onde todos eles possuíram áreas específicas que não foram indicadas como estáveis pelos demais. Por exemplo, na região sudoeste do mapa, o TRIGRS apresentou uma faixa de instabilidades única, que coincide com a UG que possui os menores valores de ângulo de atrito interno.

De toda forma, os três modelos não conseguiram contemplar todas as cicatrizes observadas. Isso pode ser explicado por algumas características que partes dos pressupostos utilizados nos modelos: i) suas funcionalidades não preveem os efeitos após a ocorrência de falha, portanto a capacidade de um ponto propagar sua instabilidade para o entorno não é considerada; ii) a característica dos solos é considerada isotrópica, portanto, características que mudam com a profundidade não são consideradas em nenhum dos modelos. Outra possibilidade está relacionada a incertezas intrínsecas aos métodos de obtenção dos dados de entrada.

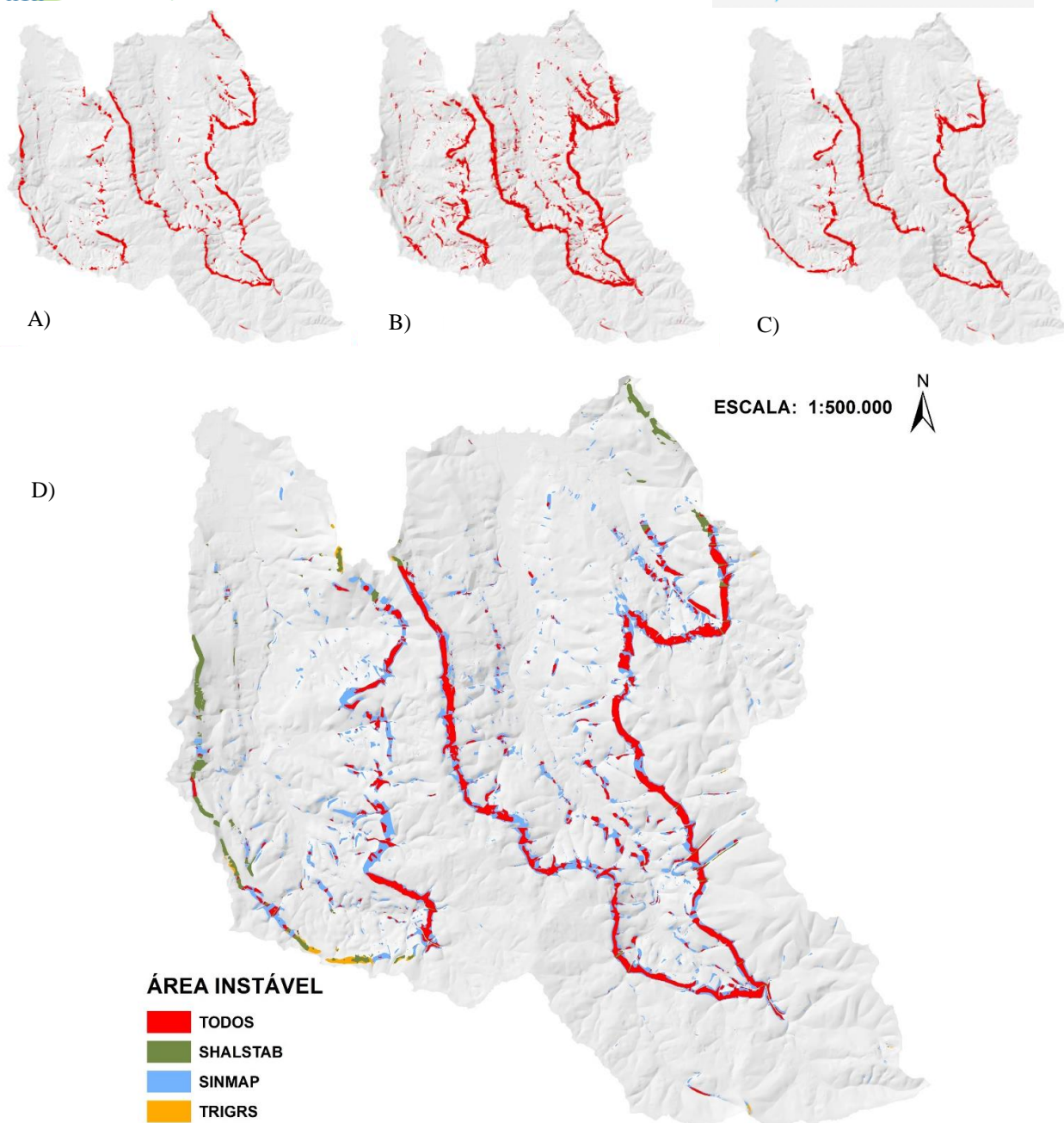


Figura 3 – Áreas instáveis para A) SHALSTAB, B) SINMAP, C) TRIGRS e D) sobreposição dos resultados de todos os modelos

5. CONCLUSÃO

O trabalho comparou o desempenho dos modelos TRIGRS, SINMAP e SHALSTAB. Pela métrica de IA/IE , o SHALSTAB apresentou os melhores resultados, seguido do TRIGRS e do SINMAP. O SHALSTAB foi o que apresentou a menor quantidade de acertos, mas possui melhor desempenho pelo seu baixo erro. O TRIGRS também apresentou um bom desempenho, entretanto a quantidade de parâmetros exigidas para aplicar o modelo é mais alta se comparado aos demais.

Os modelos de estabilidade de encosta são bastante sensíveis aos valores de profundidade de solo. Portanto, a falta de informações quanto à distribuição das profundidades de solo ao longo da

bacia faz com que se perca uma das vantagens do modelo TRIGRS. Assim, pode-se concluir que na ausência de informações pode ser mais interessante optar por modelos mais simples, como o SHALSTAB. Recomenda-se que essa comparação seja feita para áreas com características diferentes, permitindo identificar o comportamento dos modelos em vários ambientes.

AGRADECIMENTOS - Este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES e do CNPQ. Os autores agradecem também ao Grupo de Pesquisas em Desastres Naturais (GPDEN) do IPH/UFRGS.

REFERÊNCIAS

- BAUM, R. L.; SAVAGE, W. Z.; GODT, J. W. (2008) "*TRIGRS — A Fortran Program for Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis, Version 2.0*". U.S. Geological Survey Open-File Report, n. 2008–1159, p. 75.
- BEVEN K.J., KIRKBY, M.J. (1979). "A physically based, variable contributing area model of basin hydrology". Hydrological Sciences Bulletin v. 24 p.43–69.
- EMBRAPA (2004). Mapa de Reconhecimento de Solos do Estado de Santa Catarina. Mapa. 1:250000. Brasília: EMBRAPA Solos.
- HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. (2008) "*The Landslide Handbook — A Guide to Understanding Landslides*". Landslides. p. 129.
- LISTO, F.L.R.; RAMOS, H.; VIEIRA, B.C. (2016) "*Uso dos modelos SHALSTAB e TRIGRS na previsão de escorregamentos translacionais rasos*" em Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Maringá, Set. 2016. 11 p.
- KOBIYAMA, M; MONTEIRO, L. R.; MICHEL, G. P. (2010) "Aprender hidrologia para prevenção de desastres Naturais". Florianópolis: UFSC/CTC/ENS/LabHidro. 12p.(apostila).
- MICHEL, G.P.; KOBIYAMA, M.; GOER, R.F. (2014) "*Comparativa analysis of SHALSTAB and SINMAP for landslide susceptibility mapping in the Cunha River basin, southern Brazil*". Journal of Soils Sediments, v. 14. p. 1266-1277.
- MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. (1994) "*A physically based model for the topographic control on shallow landsliding*". Water Resources Research, v. 30, n. 4, p. 1153–1171.
- PACK, R.T. ; TARBOTON, D. G. ; GOODWIN, C. N (1998). "*The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping*". 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, p. 8.
- PAUL, L.R.; SCHWARZ, H.; MICHEL, G.P. (2018). "*Identificação de áreas propensas a escorregamentos translacionais nas bacias do Taboão e Matador, Rio do Sul-SC*" em Anais do I Encontro Nacional de Desastres, Porto Alegre, Jul. 2018, 1, 8 p.
- SALCIARINI, D.; CONVERSINI, P. (2007) "A comparison between analytic approaches to model rainfall-induced development of shallow landslides in the central Apennine of Italy". In: Landslides and Climate Change: Challenges and Solutions, p. 185-196.
- ZIZIOLI, D.; VALENTINO, R.; MONTRASIO, L. (2013) "Comparison between different approaches to modelling shallow landslide susceptibility: a case history in Oltrepo Pavese, Northern Italy". Natural Hazards and Earth System Sciences. v. 13. p. 559-573.