



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **MODELAGEM DETERMINÍSTICA PARA PREVISÃO DE ESCORREGAMENTOS: AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE DO MODELO TRIGRS EM RESPOSTA À ALTURA INICIAL DO LENÇOL FREÁTICO**

Thaís Moreira Guimarães<sup>(a)</sup>, Marcio Catadi<sup>(b)</sup>, João Paulo de Carvalho Araújo<sup>(c)</sup>,  
Nelson Ferreira Fernandes<sup>(d)</sup>

<sup>(a)</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistemas, Universidade Federal Fluminense, thaismg@id.uff.br

<sup>(b)</sup> Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, mcataldi@id.uff.br

<sup>(c)</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo\_geo@hotmail.com

<sup>(d)</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

**Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

### **Resumo**

A compreensão dos mecanismos relacionados à deflagração de escorregamentos não é algo evidente. Neste sentido, modelos matemáticos são ferramentas úteis para a previsão de escorregamentos e para testes de hipótese que subsidiam o ganho de conhecimento sobre a natureza do fenômeno estudado. Estes modelos podem ser utilizados para aumentar a compreensão do pesquisador quanto à sensibilidade dos parâmetros físicos do solo e como a precipitação influencia na estabilidade do solo. Este trabalho avalia a sensibilidade do modelo TRIGRS à altura inicial do lençol freático frente a um evento de precipitação intensa ocorrido em fevereiro de 1996 na bacia dos rios Quitite e Papagaio, no Rio de Janeiro. Para tal, foram testados três cenários de altura inicial, com intensidades de precipitação variando ao longo do período simulado. Verificou-se que o modelo apresenta muita sensibilidade ao parâmetro testado. No entanto, tende a superestimar a instabilidade para alturas iniciais mais elevadas.

**Palavras chave:** TRIGRS, Modelagem, Teste de sensibilidade, Fator de Segurança



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 1. Introdução

Escorregamentos são fenômenos naturais que podem produzir grandes impactos econômicos e sociais. No Brasil, os escorregamentos estão intimamente relacionados à chuva, como mostram os estudos realizados por Sepúlveda e Petley (2015), que indicam que entre 2004 e 2013 a ocorrência de 119 deslizamentos ocasionou 2.262 fatalidades. Eventos de precipitação intensa provocam alterações nas condições de estabilidade do solo, culminando em movimentos de massa, que podem causar desastres envolvendo a população.

A modelagem de movimentos de massa vem sendo bastante utilizada mundialmente para que se entenda melhor os processos que ocorrem antes, durante e depois do deslizamento, quais os fatores condicionantes e quais parâmetros contribuem mais para a instabilidade do solo, de forma a simular as condições físicas do meio ambiente e prever desastres e mitigar as consequências.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a sensibilidade do modelo Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability (TRIGRS) (BAUM et al., 2002) à altura inicial do lençol freático frente a um evento de precipitação intensa.

### 1.2 Área de Estudo

Foi selecionada uma bacia piloto, que abrange as sub bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km<sup>2</sup>), localizadas na parte oeste do Maciço da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro. A área de estudo foi atingida por um evento de precipitação que totalizou 427,4mm entre os dias 11 e 15 de fevereiro de 1996, deflagrando centenas de escorregamentos translacionais e corridas de detritos nos canais principais (GEORIO, 1996).

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Pré-processamento

Para a simulação do TRIGRS, foi utilizado um mapa digital de terreno (MDT) construído para uma condição de pré ruptura, de resolução de 2m, elaborado por Araújo (2018), a partir do levantamento LIDAR (*Light Detection and Ranging*), feito em 2013 pela



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Fundação Instituto de Geotécnica do Rio de Janeiro. A partir deste mapa, através do software ArcGis 10.3 foram elaborados os mapas de ângulo de encosta e direção de fluxo, também necessários à operação do TRIGRS.

## 2.2 Parametrização e Modelagem (TRIGRS)

Foram simulados três cenários de altura inicial do lençol freático, a saber 0m (cenário A), 1m (cenário B) e 2m (cenário C). Os demais parâmetros do solo utilizados foram os mesmos para os três cenários e estão resumidos na Tabela I.

Tabela I – Parâmetros físicos e hidrológicos utilizados no TRIGRS e suas respectivas referências.

Parâmetros Físicos	Símbolo	Valor	Referência
Condutividade Hidráulica saturada	$K_S$	1x10-5 m/s	Vieira e Fernandes (2004)
Ângulo de atrito interno	$\phi'$	35°	Araújo (2018) , Guimarães et al. (2003)
Coesão	$c'$	4,5kPa	Seefelder et al. (2016)
Profundidade do solo	$Z$	3,7m	Araújo (2018)
Peso específico do solo saturado	$\gamma_s$	16kN/m <sup>3</sup>	Seefelder et al. (2016)
Difusividade Hidráulica saturada	$D_0$	2x10-3 m/s	Liu e Wu (2008)
Taxa de infiltração inicial	$I_{ZLT}$	1x10-7 m/s	Liu e Wu (2008)

Os dados de precipitação são provenientes do posto pluviométrico da estação meteorológica do Alto da Boa Vista, localizado a 4km da bacia estudada. Foram atribuídas intensidades diferentes para cada dia de simulação, que correspondem à intensidade média diária observada (Tabela II). A simulação, que gera mapas de Fator de Segurança (FS) para cada pixel da bacia, foi validada através do mapa de cicatrizes, elaborado por Araújo (2018).

Tabela II - Intensidade média de chuva atribuída a cada dia simulado no TRIGRS.

Intensidade média de chuva (mm/h)					Total Precipitado (mm)
dia 11	dia 12	dia 13	dia 14	dia 15	
0,11	8,38	8,05	0,65	0,62	427,40



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### 3. Resultados e Discussões

Verificou-se que o modelo apresenta muita sensibilidade à altura inicial do lençol freático, visto que gera mapas de Fator de Segurança muito distintos para os cenários A, B e C, como pode ser visto na Figura 1, em que os mapas de cada cenário são expostos juntamente à frequência das classes de FS. Nota-se que para o cenário A as frequências das classes Estável e Muito Estável ocupam a maior parte da bacia, predominando as cores cinza e verde, com um percentual de acerto das áreas instáveis (AI) igual a 60% e das áreas estáveis (AE) igual a 66%.

O cenário B apresenta uma maior distribuição da frequência nas classes intermediárias, entre Instável e Pouco Estável, apresentando cores mais amareladas no terço médio da bacia e cores mais avermelhadas no terço superior, com percentual de acerto das AI de 74% e das AE de 55%. Já o cenário C resulta em frequências maiores se concentrando nas classes Instável e Pouco Instável, com predomínio destas na maior parte da bacia, destacando-se a cor alaranjada no terço médio e superior, com percentuais de AI igual a 97% mas de AE igual a 24%.

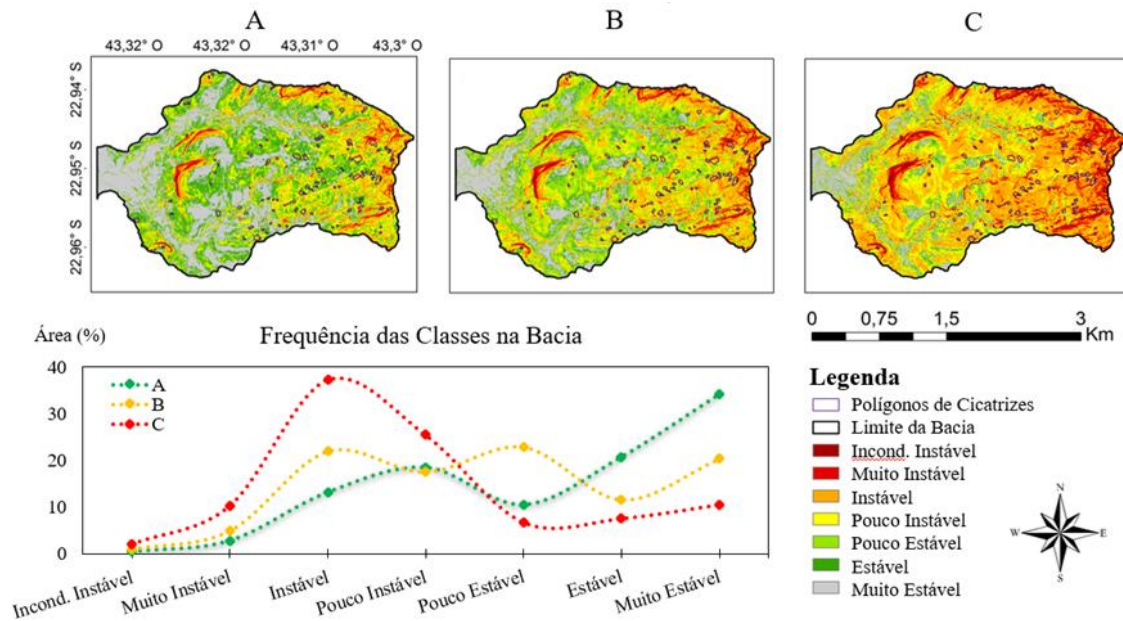


XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



#### 4. Considerações Finais

Avaliando os cenários de altura inicial do lençol, verifica-se que o modelo apresenta muita sensibilidade a este parâmetro. No entanto, pode-se observar que à medida que a altura aumenta, o modelo tende a superestimar a instabilidade, de acordo com o mapa de cicatrizes, calculando como instáveis áreas verificadas como estáveis, onde não há polígonos de cicatriz.

#### Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J. P. C. **Reconstrução Topográfica e previsão de escorregamentos translacionais utilizando modelos estatísticos e determinísticos de susceptibilidade.** Rio de Janeiro, 2018. 88p.

BAUM, R. L.; SAVAGE, W. Z.; GODT, J. W. **TRIGRS – A Fortran Program for Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis.** Colorado, 2002.

GEORIO, F. **Estudos geológico-geotécnicos a montante dos condomínios capim melado e vilarejo,**



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

**Jacarepaguá. 1996.**

GUIMARAES, R. F.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. M.; et al. **Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: Application to Rio de Janeiro.** Engineering Geology: v. 69, 2003. 10p.

LIU, C.-N.; WU, C.-C. **Mapping susceptibility of rainfall-triggered shallow landslides using a probabilistic approach.** Environmental Geology: v. 55, n. 4, 2008. 8p.

SEEFELDER, C.L.N.; KOIDE, S.; MERGILI, M. **Does parameterization influence the performance of slope stability model results? A case study in Rio de Janeiro, Brazil.** Landslides, 2016. 13p.

SEPÚLVEDA, S. A.; PETLEY, D. N. **Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean.** Nat. Hazards Earth Syst. Sci.: v. 15, 2015. 13p.

VIEIRA, B. C.; FERNANDES, N. F. **Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity.** Hydrological Processes: v. 18, 2004. 14p.