

# GEOGRAFIA:

Espaço, ambiente e sociedade

2

Adilson Tadeu Basquerote  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# GEOGRAFIA:

Espaço, ambiente e sociedade

2

Adilson Tadeu Basquerote  
(Organizador)

Atena  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília



Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



## Geografia: espaço, ambiente e sociedade 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Adilson Tadeu Basquerote

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G345 Geografia: espaço, ambiente e sociedade 2 / Organizador Adilson Tadeu Basquerote. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-785-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.854211412>

1. Geografia. I. Basquerote, Adilson Tadeu (Organizador). II. Título.

CDD 910

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A obra: “**Geografia: Espaço, ambiente e sociedade 2**”, apresenta pesquisas que se debruçam sobre a compreensão do espaço, por meio das ações das distintas sociedades, que resultam da síntese relacional entre a natureza e a ação humana. Nesse sentido, historicamente em diferentes lugares os grupos humanos desenvolveram técnicas cada vez mais avançadas para garantir não só as necessidades de suas populações, mas também o seu poder e domínio sobre o território. Dessa forma, tais técnicas tornaram-se realmente complexas, mas sem deixarem de lado a premissa mais básica desde o surgimento dos primeiros agrupamentos: a necessidade de utilização e transformação da natureza. Como consequência, ocasionou impactos negativos sobre o espaço geográfico, que podem ser percebidos em distintas escalas.

Partindo desse entendimento, o livro composto por dezesseis capítulos, resultantes de pesquisas empíricas e teóricas, de distintos pesquisadores de diferentes instituições e regiões brasileiras e uma de Moçambique, apresenta pesquisas que interrelacionam ações humanas sobre o espaço e destacam a centralidade das relações de poder na constituição social. Entre os temas abordados, predominam análises de integração e porosidade territorial, patrimônio arqueológico, avaliação e utilização de resíduos sólidos, gênero e comunidades tradicionais, educação ambiental, saneamento básico, conurbação urbana, clima, entre outros.

Para mais, destacamos a importância da socialização dos temas apresentados, como forma de visibilizar os estudos realizados sob dissemelhantes perspectivas. Nesse sentido, a Editora Atena, se configura como uma instituição que possibilita a divulgação científica de forma qualificada e segura.

Que a leitura seja convidativa!

Adilson Tadeu Basquerote

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A IMPORTÂNCIA DO NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO PARA DIMINUIR AS PERDAS DE ÁGUA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Ricardo dos Santos Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114121>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE EQUAÇÕES DE FATOR DE SEGURANÇA

Felipe Costa Abreu Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114122>

### **CAPÍTULO 3..... 21**

AVALIAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NO PERFIL TOPOCLIMÁTICO DO PICO DA BANDEIRA, MINAS GERAIS

Emerson Galvani

Thais Bassos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114123>

### **CAPÍTULO 4..... 37**

CLASSIFICAÇÃO DE ANOS PADRÃO DE PLUVIOSIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SOROCABA-SP

Ivan Vasconcelos de Almeida Sá

Edelci Nunes da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114124>

### **CAPÍTULO 5..... 50**

CONTRACARTOGRAFANDO JUNTO A COMUNIDADES TRADICIONAIS: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Ícaro Cardoso Maia

Alcindo José de Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114125>

### **CAPÍTULO 6..... 60**

EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA – O CASO DE UMA ESCOLA RURAL, NOSSA SENHORA DO SOCORRO/SE

Jorginaldo Calazans dos Santos

Flaviano Oliveira Fonseca

Antenor Santos do Carmo

Thamires Cristina de Oliveira Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114126>

### **CAPÍTULO 7..... 69**

ESTRATÉGIAS DE ASSENTAMENTOS INFORMAIS PARA A CONTRIBUIÇÃO DO USO SUSTENTÁVEL DE TERRA E NA MELHORIA DA QUALIDADE DO AMBIENTE, NO

DISTRITO DE MUANZA: CASO DE ESTUDO NA SEDE DISTRITAL, ENTRE 2014 a 2019  
– MOÇAMBIQUE

Maria Albertina Lopes da Silva Barbito

Abel Armando Nhacuirima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114127>

**CAPÍTULO 8..... 80**

O MOVIMENTO INTERESTADUAL DE MULHERES QUEBRADEIRAS DE COCO  
BABAÇU: DESAFIOS E LUTAS PELO ACESSO AOS RECURSOS NATURAIS DO  
TERRITÓRIO

Gilson de Araújo Silva

Talita Maria Machado Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114128>

**CAPÍTULO 9..... 89**

RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS  
PARA O ENCAMINHAMENTO DO RESÍDUO CLASSE A NO MUNICÍPIO DE TAUBATÉ  
– SP

Romária Pinheiro da Silva

Jumara Soares das Chagas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8542114129>

**CAPÍTULO 10..... 102**

OS BRINQUEDOS ARTESANAIS DE MIRITI CONFECCIONADOS NA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA: A PRODUÇÃO NO PARÁ

Jumára Soares das Chagas

Simey Thury Vieira Fisch

Romária Pinheiro da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141210>

**CAPÍTULO 11..... 122**

PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE PASSO DE TORRES: EVIDÊNCIA  
DA OCUPAÇÃO HUMANA PRÉ-COLONIAL NO EXTREMO SUL DE SANTA CATARINA

Carolina Porto Luiz

Geovan Martins Guimarães

Juliano Bitencourt Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141211>

**CAPÍTULO 12..... 135**

POROSIDADE TERRITORIAL E ESTADO: A CONCEPÇÃO DE FRONTEIRA NA  
PERSPECTIVA DA POLÍTICA HAITAINA

Guerby Sainte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141212>

**CAPÍTULO 13..... 148**

RODOVIA/AVENIDA DR. LAMARTINE PINTO DE AVELAR NA CIDADE DE CATALÃO

(GO): USO DO SOLO URBANO E APROPRIAÇÃO DOS ESPAÇOS PÚBLICOS CALÇADAS

Ainglys Cândido Pinheiro

Randolpho Natil de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141213>

**CAPÍTULO 14..... 158**

A AUSÊNCIA DE INTEGRAÇÃO TERRITORIAL E A DETERIORAÇÃO OPERACIONAL DO MODELO DE BRT NO RIO DE JANEIRO: O CASO DA LINHA TRANSCARIOCA

André Luiz Bezerra da Silva

Mauro Kleiman

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141214>

**CAPÍTULO 15..... 165**

ILHAS DE FRESCOR URBANO: ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE – RS

Lizia De Moraes De Zorzi

Mino Viana Sorribas

André Luiz Lopes da Silveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141215>

**CAPÍTULO 16..... 175**

O PANTANAL ARAGUAIANO

Paulo Roberto Martini

Valdete Duarte

Egídio Arai

Luaê Andere

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.85421141216>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 184**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 185**

## ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE EQUAÇÕES DE FATOR DE SEGURANÇA

Data de aceite: 01/12/2021

**Felipe Costa Abreu Lopes**

IFSP – Campus Jundiá e doutorando em Geografia – UFPR

**RESUMO:** Equações matemáticas para estipular áreas propícias aos movimentos de massa, especialmente escorregamentos translacionais, são ferramentas frequentes na análise de estabilidade de encostas. Existem muitas equações criadas em diversas partes do mundo para este fim que são empregadas no Brasil, tanto na forma de modelos fechados como na de equações livres aonde o usuário tem mais controle sobre as variáveis. Cada equação traz as características do pesquisador e do local de onde foi elaborada, deste modo nem todas podem ser consideradas aptas para uso em um ambiente de clima tropical (em sua maioria) como o Brasil, onde determinadas variáveis podem requerer um peso maior ou menor do que o que está imposto em determinado modelo. Desta maneira esse trabalho faz uma análise de sensibilidade dos fatores de duas equações abertas de Fator de Segurança (FS) para evidenciar essas diferenças regionais permeadas nas equações e despertar uma discussão sobre o assunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fator de segurança, análise de sensibilidade, estabilidade de encosta.

### SENSIBILITY ANALYSIS OF SAFETY FACTOR EQUATIONS

**ABSTRACT:** Mathematical equations for stipulating suitable mass movements areas, especially translational landslides, are frequent tools in slope stability analysis. There are many equations created in different parts of the world for this purpose that are used in Brazil, both in the form of closed models and open equations where the user has more control over their variables. Each equation brings the characteristics of the researcher and the place for where it was developed, thus not all of them can be considered suitable for use in a tropical climate environment (where mostly for the mass movements take place) such as Brazil, as certain variables may require greater or lesser weight than what is imposed on a given model developed for another landscape. In this way, this work makes a sensibility analysis of two open Safety Factors (SF) equations to highlight these regional differences permeated in its elaborations and trigger a discussion on the subject.

**KEYWORDS:** Safety factor, sensibility analysis, slope stability.

### 1 | INTRODUÇÃO

As análises de sensibilidade são estimativas baseadas em variáveis e parâmetros de uma equação que têm o objetivo de verificar o efeito da variação de seus valores, dentro de um intervalo pré-determinado, sobre o resultado final dessa equação. Neste trabalho entende-se por variáveis e parâmetros de uma equação

as suas definições de acordo com a matemática (WEBER, 1986) onde parâmetros são constantes paramétricas, que têm o valor constante para determinado problema e seus valores não mudam no tempo ou têm mudanças insignificantes. Variáveis são valores que mostram o estado momentâneo de um sistema e podem assumir qualquer valor dentro de um intervalo determinado com variação significativa ao longo do tempo. Em uma equação de Fator de Segurança (FS), por exemplo, declividade e espessura do solo são parâmetros, enquanto nível freático e precipitação são variáveis.

As equações de fator de segurança trabalham com uma série de variáveis e parâmetros complexos e interdependentes, conhecer qual desses valores envolvidos têm mais ou menos peso no resultado final pode auxiliar o pesquisador em uma série de decisões como, por exemplo, a escolher por detalhamentos maiores de uma variável em detrimento de outra na sua pesquisa, escolha de locais para maior quantidade de coleta de material em campo ou até a troca da equação que está sendo usada por outra que dê mais peso a uma variável ou parâmetro de seu interesse.

A aplicação da análise de sensibilidade é muito difundida em estudos acadêmicos e trabalhos técnicos, principalmente em áreas de economia e negócios, aplicada para verificar as influências sobre investimentos ou em estudos sobre finanças. Sua aplicação na informática também é facilmente encontrada na literatura com o uso de modelos matemáticos para medir a eficiência de softwares. Outras áreas que se utilizam desse tipo de análise são as engenharias, as áreas sociais e estudos ambientais

A área ambiental, apesar de contar com menor números de trabalhos, também faz uso da análise de sensibilidade, principalmente na aplicação de modelos matemáticos, a exemplo do trabalho realizado por Agam et al (2016) sobre a sensibilidade de variáveis geotécnicas na estabilidade de uma encosta usando o método de análise de sensibilidade de Monte Carlo embutido no software Slice 6.0. Entre os modelos usados para cálculo de estabilidade de encosta, o modelo probabilístico LISA (HAMOND et al, 1992) também possui um método em seu programa para análise de sensibilidade dos fatores que afetam a ocorrência de movimentos de massa. Outro exemplo do uso da análise de sensibilidade em estudos ambientais é na calibração de modelos, por exemplo o modelo chuva-vazão TOPMODEL (BEVEN e KIRKBY, 1978) que entre suas funcionalidades faz uso do método de Monte Carlo para realizar uma calibração automática dos dados de entrada.

A aplicação da análise de sensibilidade não implica em um cálculo de risco, portanto esta não vai identificar as áreas propícias aos movimentos de massa em um estudo de estabilidade de encosta, mas vai evidenciar quais fatores têm mais relevância e devem ser mais levados em consideração quando houver alguma alteração ambiental, auxiliando nas suas identificações, na escolha e no desenvolvimento de formas de mitigação mais adequadas aos parâmetros e variáveis envolvidos.

## 2 | METODOLOGIA

Visando a identificação das variáveis e parâmetros com mais influência sobre equações de fator de segurança, uma análise de sensibilidade foi realizada sobre duas equações selecionadas (equação 1 e 2). A primeira foi descrita por Fiori e Carmignani (2009) e foi escolhida por ser uma equação que trabalha com solos e umidade, permitindo a entrada de espessuras de perfil seco e úmido de solo, além da coesão do solo, ângulo de atrito interno, pesos específicos do solo e inclinação da encosta. A segunda é uma equação desenvolvida por Sidle (1987) para cálculo de estabilidade de encosta em bacias de zero ordem e foi escolhida por apresentar as mesmas variáveis e parâmetros da equação 1 e, dessa maneira, permitir uma comparação entre as duas e focalizar sobre a análise de sensibilidade.

$$FS = \frac{c + (h_1 \gamma_{nat} + h_2 \gamma_{sub}) \cos^2 i \tan \phi}{(h_1 \gamma_{nat} + h_2 \gamma_{sub} + h_2 \gamma_a) \sin i \cos i} \quad (1)$$

$$FS = \frac{c + \Delta c \{ [h_1 \gamma_{nat} + h_2 \gamma_{sat}] * Z \cos^2 i + W_t \cos i \} \tan \phi}{[h_1 \gamma_{sub} + h_2 \gamma_{sat}] * Z \sin i \cos i + W_t \sin i} \quad (2)$$

Onde:  $c$  representa a coesão do solo (kPa),  $\Delta c$  é o valor da coesão das raízes (kPa),  $\gamma_{sub}$  é o peso específico do solo submerso (kN/m<sup>3</sup>),  $\gamma_{sat}$  é o peso específico do solo saturado (kN/m<sup>3</sup>),  $\gamma_a$  é o peso específico da água (kN/m<sup>3</sup>),  $W_t$  é o peso da vegetação,  $\phi$  é o ângulo de atrito interno do solo (graus),  $i$  é a declividade da encosta (graus),  $h_1$  é a espessura do solo seco,  $h_2$  é a espessura do solo saturado e  $Z$  é a espessura total do solo.

Os fatores das equações apresentados acima foram organizados de acordo com sua classificação (variável ou parâmetro) como exposto na tabela 1. Os valores mínimos e máximos apresentados para cada um têm origem em medições realizadas em laboratório com amostras colhidas em campo ( $\gamma_{sub}$ ,  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_a$ ,  $\phi$ ,  $c$  e  $Z$ ) e geoprocessamento e cálculo ( $h_1$ ,  $h_2$  e  $i$ ) de acordo com Lopes (2013). O valor de  $i$  foi delimitado entre um mínimo de 24° (valor mais baixo do ângulo de atrito interno) e 80° (valor máximo encontrado na bacia do Gigante). Percebeu-se em testes durante o desenvolvimento do trabalho que o uso de declividades muito baixas levava a um valor de FS muito elevado, distorcendo a análise de sensibilidade. Além disso valores muito baixos não representam as áreas de encosta onde ocorrem os movimentos de massa.

Para essa análise de sensibilidade os parâmetros  $W_t$  (coesão de raízes) e  $\gamma_{sub}$  (peso da vegetação) não foram levados em consideração. O parâmetro de coesão de raízes foi excluído da análise porque o local onde ocorre a ruptura geralmente está situado abaixo da linha de raízes. O peso da vegetação é um parâmetro calculado de maneira empírica e segundo próprio autor da equação 2 (SIDLE, 1987) é o fator com menos sensibilidade entre todos os analisados na estabilidade da encosta, por isso não fez parte da análise de sensibilidade.

<b>Parâmetros</b>	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo
Declividade (°)	24	52	80
Espessura do solo (m)	0	2,50	5,0
Ângulo de atrito (°)	24,50	29,35	34,10
Peso específico natural (kN/m <sup>3</sup> )	13,40	14,95	16,50
Peso específico submerso (kN/m <sup>3</sup> )	20,20	21,65	23,10
Peso específico saturado (kN/m <sup>3</sup> )	21,20	22,65	24,10
<b>Variáveis</b>	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo
Nível freático (m)	0	2,50	5,0
Coesão (kPa)	0	7,62	15,25

Tabela 1 – Variáveis e parâmetros usados na análise de sensibilidade.

O nível freático e a coesão foram considerados variáveis, pois seus valores mudam rapidamente em um evento de precipitação intensa, o principal gatilho causador de movimentos de massa no Brasil.

Na análise de sensibilidade cada variável e parâmetro tem seus valores variando uniformemente do valor mínimo ao máximo por incremento, enquanto os outros valores ficam inalterados em seu valor médio (obtido pela média aritmética dos valores mínimos e máximos de cada parâmetro e variável). As variáveis e parâmetros citados acima tiveram os intervalos de valores divididos em 50 intervalos iguais e o incremento adicionado a cada simulação de sensibilidade tem o valor de 1/50 do intervalo de valores para cada parâmetro/variável.

Foram feitas 50 simulações para cada parâmetro/variável totalizando 400 simulações, cada uma resultando em um valor de fator de segurança próprio. Os valores resultantes foram organizados em gráficos para a posterior análise e comparação entre as equações.

### 3 | RESULTADO

Os resultados das análises de sensibilidade das variáveis e parâmetros das equações de FS podem ser vistos nos gráficos a seguir (Figura 1 e 2).

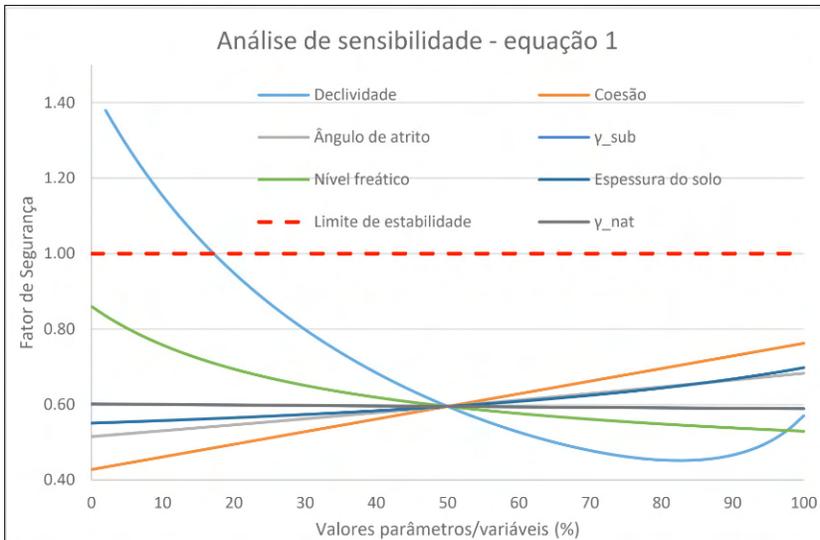


Figura 1 – Análise de sensibilidade da equação 1.

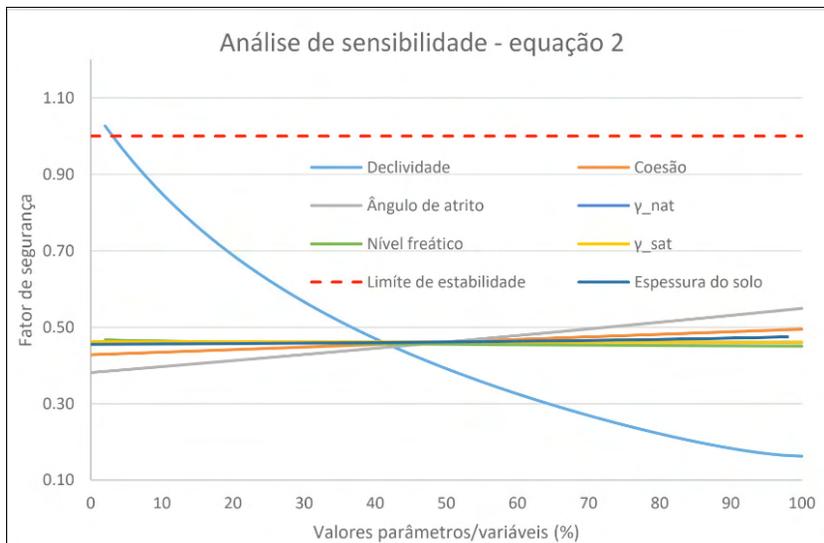


Figura 2 – Análise de sensibilidade da equação 2.

Os dados apresentados foram discretizados por cor e apresentados com seus valores em porcentagem (eixo das abscissas) para facilitar sua comparação, já que seus valores e intervalos de análise diferem entre cada um. O valor de 50% representa o valor médio de cada variável/parâmetro. O eixo das ordenadas apresenta os valores do fator de segurança com o valor um (1) destacado por uma linha pontilhada representando o limite de equilíbrio de estabilidade (acima da unidade, estável e abaixo instável).

A partir da análise do gráfico da Figura 1, percebe-se um grupo de variáveis/parâmetros que têm seus valores diretamente proporcionais aos valores de FS: coesão,

ângulo de atrito interno e espessura do solo. Essas variáveis/parâmetros, portanto, contribuem mais para a estabilidade da encosta quanto maior forem seus valores.

Outro grupo apresenta valores inversamente proporcionais ao FS: nível freático, peso específico natural do solo e peso específico submerso do solo. Essas variáveis/parâmetros, portanto, contribuem menos para a estabilidade da encosta quanto maior forem seus valores.

A declividade apresentou um comportamento fora do esperado apresentado um aumento do valor de FS para seus maiores valores a partir de um certo ponto, enquanto que, teoricamente, seria esperado que uma declividade mais acentuada resultaria sempre em uma instabilidade maior, porém como a análise de sensibilidade é feita com uma variável/parâmetro por vez (enquanto todas as outras permanecem travados em seu valor médio), a partir de um certo ponto observa-se essa inflexão na curva que representa a declividade em decorrência da configuração da própria equação do FS.

O gráfico da Figura 2 apresentou como grupo de variáveis/parâmetros com valores diretamente proporcionais ao valor de FS a coesão, o ângulo de atrito interno e a espessura do solo. Portanto o aumento de seus valores aumenta, também, o valor do FS.

O grupo de variáveis/parâmetros cujo valores diminuem e conseqüentemente aumenta o valor de FS é representado pela declividade, peso específico natural do solo, peso específico saturado do solo e nível freático. Assim como no gráfico da equação 1, a declividade apresentou comportamento anômalo a partir de certo ponto pelos mesmos motivos explicados acima relativos à configuração da equação e da análise de sensibilidade.

Entre as variáveis analisadas, as suas sensibilidades foram calculadas por meio de diferença entre seus valores mínimos e máximos de FS obtidos. Dentro deste limite a maior sensibilidade foi verificada no parâmetro declividade seguida pelas variáveis coesão e nível freático para o gráfico da equação 1; nível freático e espessura do solo no gráfico da equação 2, seguidas pela declividade. A sensibilidade de cada variável é apresentada nas tabelas 2 e 3.

Variável	Varição do FS
Declividade (°)	0,81
Nível freático (m)	0,33
Coesão (kPa)	0,33
Ângulo de atrito (°)	0,17
Espessura do solo (m)	0,15
Peso específico natural (kN/m <sup>3</sup> )	0,01
Peso específico submerso (kN/m <sup>3</sup> )	0,01

Tabela 2 – Sensibilidade de cada parâmetro/variável para a equação 1.

Variável	Variação do FS
Declividade (°)	0,86
Ângulo de atrito (°)	0,17
Coesão (kPa)	0,07
Espessura do solo (m)	0,02
Nível freático (m)	0,01
Peso específico natural (kN/m <sup>3</sup> )	0,002
Peso específico saturado (kN/m <sup>3</sup> )	0,002

Tabela 3 – Sensibilidade de cada parâmetro/variável para a equação 2.

A relação das duas análises de sensibilidade e suas respostas nos gráficos expostos acima mostram semelhanças e discrepâncias entre as duas equações. Essas diferenças já eram esperadas, tendo em vista que cada equação é apresenta particularidades quanto ao peso de seus fatores e configuração.

As principais semelhanças estão nos valores de coesão, ângulo de atrito interno do solo e espessura do solo. Essas três variáveis/parâmetros se mostram diretamente proporcionais ao FS. Da mesma maneira os fatores com valores indiretamente proporcionais coincidem nas duas equações e são representados pela declividade, nível freático, peso específico natural do solo e peso específico submerso/saturado do solo.

As semelhanças se limitam à proporcionalidade dos valores, as diferenças são muito mais significativas e podem ser percebidas tanto no comportamento individual das variáveis/parâmetros quanto no comportamento das equações. Individualmente os valores de coesão, nível freático, espessura do solo e ângulo de atrito têm respostas bem diferentes. Quando analisadas as respostas das equações, elas se diferem principalmente nas variáveis/parâmetros com maiores pesos no FS como o ângulo de atrito e o nível freático. Isso mostra um direcionamento tomado pelos autores das equações quanto aos fatores considerados mais importantes em suas análises, evidenciando a adaptação das equações às particularidades de cada região.

## REFERÊNCIAS

AGAM, M. W.; HASHIM, M. H. M.; MURAD, M. I.; ZABIDI, H. Slope Sensitivity Analysis using Spencer's Method in Comparison with General Limit Equilibrium Method. **Procedia Chemistry**, n 19, p 651-658, 2016.

FIORI A.P. E CARMIGNANI L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. 2ª ed., Curitiba, Editora UFPR, 604 p, 2009.

HAMOND, C.; HALL, D.; MILLER, S.; SWETIK, P. **Level I Stability Analysis Documentation for Version 2.0**. Departamento de agricultura dos Estados Unidos. Serviço Florestal. 1992.

LOPES, F. C. A. **Avaliação da influência da distribuição espacial da espessura do solo e do nível freático na estabilidade de encosta.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2013.

SIDLE, R. C. **A dynamic model of slope stability in zero-order basins. Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim.** IAHS, n. 165, 1987.

WEBER, J. E. **Matemática para economia e administração.** São Paulo, Harbra, 1986.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 64, 71, 76, 78, 79

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 22, 27, 56, 64, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 85, 105, 106, 107, 108, 112, 126, 168, 172, 180

Análise 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 28, 29, 30, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 51, 58, 60, 62, 63, 66, 68, 69, 72, 73, 79, 102, 131, 136, 148, 151, 152, 155, 164, 165, 170, 172, 174

Anos 3, 4, 9, 10, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 57, 60, 62, 74, 78, 81, 82, 85, 86, 90, 96, 110, 122, 123, 125, 134, 159, 161, 179, 183

Avaliação 11, 20, 21, 22

### C

Cidadania 84, 154

Cidade 2, 47, 70, 72, 86, 97, 99, 102, 114, 121, 128, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 167, 172, 173

Comunidades tradicionais 50, 51, 52, 53, 57, 58, 80, 84, 86

Conflito 55, 146

Conhecimento 1, 7, 28, 39, 50, 65, 66, 67, 73, 85, 108, 119, 132, 178

Contexto 21, 24, 36, 51, 53, 54, 61, 62, 64, 66, 67, 73, 81, 82, 84, 136, 140, 146, 152, 156, 157, 163

Cultura 23, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 61, 84, 92, 102, 103, 120, 131, 134

### D

Desenvolvimento 14, 15, 22, 28, 29, 30, 35, 60, 61, 63, 64, 71, 77, 81, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 100, 102, 111, 115, 116, 121, 136, 141, 145, 158, 163, 164, 184

Desenvolvimento regional 102

Diversidade 25, 49, 61, 80, 82, 111

### E

Educação ambiental 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 101

Escola 12, 60, 62, 64, 66, 67, 100, 183

Espaço 36, 43, 44, 47, 48, 52, 62, 64, 65, 70, 72, 73, 76, 92, 117, 118, 119, 130, 135, 136, 137, 140, 141, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 163

Espaço geográfico 36, 73, 135, 136, 140

Estudo 1, 11, 12, 14, 21, 22, 28, 35, 37, 38, 39, 41, 48, 52, 54, 55, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 82, 91, 97, 100, 121, 123, 124, 141, 152, 158, 159, 161, 165, 166,

167, 172, 173, 175, 176, 177, 183

## **F**

Fonte 3, 4, 6, 8, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 63, 64, 65, 67, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 81, 83, 85, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 103, 107, 108, 112, 114, 118, 120, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 139, 143, 144, 161

## **G**

Geografia 11, 13, 20, 21, 28, 35, 36, 37, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 82, 87, 88, 135, 146, 148, 156, 173, 184

## **H**

Humano 60, 61, 66, 70, 94, 150

## **L**

Lugar 29, 50, 55, 57, 118, 132, 136, 138, 141, 142, 151, 156, 160, 161

## **M**

Metodologia 11, 15, 27, 39, 56, 72, 79, 91, 100, 102, 166

Movimento 54, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 150

Mulheres 70, 74, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

Município 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 24, 38, 39, 44, 47, 62, 67, 68, 79, 85, 89, 91, 97, 98, 99, 103, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 160, 168, 169

## **N**

Natureza 35, 52, 60, 61, 62, 66, 68, 74, 77, 92, 111, 112, 115, 116, 135, 140, 146

Necessidade 7, 60, 63, 66, 67, 92, 99, 119, 120, 131, 137, 148

## **O**

Ocupação 52, 69, 70, 72, 75, 76, 78, 122, 125, 126, 129, 131, 133, 134, 168, 174

Organização 58, 63, 81, 83, 84, 86, 87, 88, 95, 104, 120, 136, 140

## **P**

Paisagem 36, 50, 55, 56, 57, 58, 78, 81, 93, 94, 115, 134, 151

Participação 9, 53, 57, 77, 88, 90, 94, 95, 152, 153

Patrimônio 58, 122, 124, 125, 129, 131, 132, 133

Pesquisa 11, 14, 36, 39, 50, 51, 53, 54, 57, 58, 60, 62, 63, 66, 68, 69, 72, 79, 82, 87, 91, 96, 97, 100, 101, 102, 122, 123, 124, 126, 129, 131, 136, 148, 149, 153, 154, 155, 156, 164, 173, 184

Problema 14, 56, 72, 75, 76, 96, 111, 162

## **R**

Relações 28, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 87, 135, 140, 141, 145, 146, 151, 153

Resíduos 64, 68, 76, 77, 78, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 106, 108, 113, 117, 120

Rodovia 63, 133, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155

## **S**

Saneamento básico 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 70

Social 2, 6, 50, 52, 55, 57, 59, 61, 66, 69, 72, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 86, 87, 92, 96, 108, 120, 129, 136, 137, 149, 150, 153, 154, 157, 158, 159, 163, 164

Sociedade 52, 56, 57, 66, 85, 90, 91, 94, 95, 125, 136, 145, 146, 150, 151, 152, 153

Sustentável 64, 66, 69, 71, 72, 73, 84, 89, 90, 91, 92, 94, 111, 115, 120, 132, 158, 159, 164

## **T**

Tecnologia 11, 60, 63, 121

Terra 51, 52, 56, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 78, 81, 82, 85, 87, 125, 146, 156, 175, 176, 177

Territorial 52, 55, 56, 58, 71, 72, 77, 78, 79, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 150, 158, 159, 184

Território 50, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 69, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 123, 126, 132, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 146, 147, 158, 159, 179, 184

Trabalho 9, 13, 14, 15, 21, 22, 28, 35, 37, 39, 40, 41, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 60, 62, 64, 65, 67, 71, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 87, 91, 102, 103, 106, 107, 111, 112, 114, 118, 119, 120, 123, 124, 125, 135, 143, 144, 148, 150, 167, 177, 178, 180, 182, 183

## **U**

Umidade 15, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 39, 49, 114, 162, 172

Urbano 70, 71, 72, 77, 92, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 159, 163, 164, 165, 166, 168, 172, 173

# GEOGRAFIA:

Espaço, ambiente e sociedade

2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# GEOGRAFIA:

Espaço, ambiente e sociedade

2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)