



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

RBGEA
REVISTA BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**

REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Publicação Científica da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

EDITORES

Alessandra Cristina Corsi - IPT
Prof. Dr. Emílio Velloso Barroso - UFRJ
Prof. Dra. Kátia Canil - UFABC
Prof. Dra. Malva Andrea Mancuso - UFSM
Prof. Me. Marcelo Denser Monteiro - Metrô - SP / UAM

REVISORES

Adalberto Aurélio Azevedo - IPT	José Domingos Gallas - USP
Alberto Pio Fiori - UFPR	José Eduardo Rodrigues - USP
Aline Freitas da Silva - DRM-RJ	José Eduardo Zaine - UNESP
Alessandra Cristina Corsi - IPT	José Luiz Albuquerque Filho - IPT
Angelo José Consoni - TSAP	Kátia Canil - UFABC
Antonio Cendrero - Univ. da Cantabria (Espanha)	Leandro Eugênio da Silva Cerri - UNESP
Antonio Manoel Santos Oliveira - UNG	Lídia K. Tominaga - IG/SMA
Candido Bordeaux Rego Neto - IPUF	Luis de Almeida Prado Bacellar - UFOP
Clovis Gonzatti - CIENTEC	Luiz Nishiyama - UFU
Denise de la Corte Bacci - USP	Luiz Fernando D'Agostino - Nucleo
Diana Sarita Hamburger - UFABC	Malva Andrea Mancuso - UFSM
Dirceu Pagotto Stein - Geoexec	Marcelo Fischer Gramani - IPT
Edilson Pissato - USP	Marcilene Dantas Ferreira - UFSCar
Eduardo Brandau Quitete - IPT	Marcelo Denser Monteiro - Metrô - SP / UAM
Eduardo Goulart Collares - UEMG	Marcia Pressinotti - IG/SMA
Eduardo Soares de Macedo - IPT	Marcio A. Cunha - Consultor
Emilio Velloso Barroso - UFRJ	Maria Cristina Jacinto Almeida - IPT
Eraldo L. Pastore - Consultor	Maria Heloisa B.O. Frascá - Consultora
Fábio Soares Magalhães - Vogbr	Maria José Brollo - IG/SMA
Flávio Almeida da Silva - Engecorps	Marta Luzia de Souza - UEM
Frederico Garcia Sobreira - UFOP	Nelson Meirim Coutinho - GEORIO
Ginaldo Campanha - USP	Newton Moreira de Souza - UnB
Guido Guidicini - Geoenergia	Noris Costa Diniz - UnB
Helena Polivanov - UFRJ	Oswaldo Augusto Filho - USP
Jair Santoro - IG/SMA	Reinaldo Lorandi - UFSCar
João Francisco Alves Silveira - Consultor	Renato Luiz Prado - USP
Jorge Kazuo Yamamoto - USP	Ricardo Vedovello - IG/SMA
José Alcino Rodrigues de Carvalho - Univ. Nova de Lisboa (Port.)	Yociteru Hasui - Consultor
José Augusto de Lollo - UNESP	

APOIO EDITORIAL

Luciana Marques

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Rita Motta - Editora Tribo da Ilha

Volume 5 - Número 2

2015

ISSN 2237-4590

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2016/2018

Presidente: Adalberto Aurélio Azevedo
Vice Presidente: Lídia Keiko Tominaga
Diretor Secretário: Alessandra Cristina Corsi
Diretor Secretário Adjunto: Deyna Pinho
Diretor Financeiro: José Luiz Albuquerque Filho
Diretor de Cursos: Ivan José DELatim
Diretora de Eventos: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Diretora de Eventos Adjunto: Renata Augusta Rocha N. de Oliveira
Diretor de Comunicação: Marcelo Denser Monteiro
Diretor de Comunicação Adjunto: Tiago Antonelli
Diretor de Publicação: Andrea Bartorelli
Diretor de Publicação Adjunto: Edilson Pissato

CONSELHO DELIBERATIVO

Adalberto Azevedo, Alessandra Corsi, Andrea Bartorelli, Deyna Pinho, Edilson Pissato, Fábio Reis, Flávio Almeida, Glaucia Cuchierato, Ivan Delatim, José Luiz Albuquerque Filho, Leandro Castro, Lídia Tominaga, Luiz Fernando, Marcelo Denser, Mateus Delatim, Renata Rocha, Silvia Kitaraha e Tiago Antonelli.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO - Aline Freitas das Silva

Conselho Deliberativo: Aline Freitas Silva, Hugo Machado, Rodrigo França, Rodney Nascimento, Rúbia Azevedo e Thiago Santos

NÚCLEO MINAS GERAIS - Fábio Magalhães

Conselho Deliberativo: Alberto Amaral, Fábio Magalhães, Gilvan Sá, Luis Bacellar, Maria Giovana Parizzi, Sandra Fernandes e Thiago Teixeira

NÚCLEO SUL - Malva Andrea Mancuso

Conselho Deliberativo: Alberto P. Fiori, Andrea V. Nummer, Débora Lamberty, Eduardo C.B. Carvalho, Erik Wunder, Hermann Vargas, Juan Antonio A. Flores, Luiz A. Bressani e Malva Andrea Mancuso.

NÚCLEO CENTRO OESTE - Ingrid Lima

Conselho Deliberativo: Bruno Diniz, Dário Peixoto, Getúlio Ezequiel, Ingrid Lima, João Armelin, Kurt Albrecht, Juliana Sobreira e Ricardo Vilhena

NÚCLEO NORTE - Cláudio Szlafstein

Conselho Deliberativo: Dianne Danielle Farias Fonseca, Lenilson José Souza de Queiroz, Luciana de Jesus P.P. Miyagawa, José Antonio da Silva, Renato R. Mendonça, Jubal C. Filho e Nilton de Souza Campelo, Loury Bastos, Patrícia Mara Lages Simões, Raimundo Almir C. da Conceição, Sheila Gatinho Teixeira, Túlio A. de Araújo Mendes.

NÚCLEO NORDESTE - Carlos Henrique Medeiros

Conselho Deliberativo: Edval Lopes da Silva, Fagner França, Francisco Said Gonçalves, Heitor Neves Maia, José Braz Diniz Filho, Kleiton Cassimiro, José Vitoriano de Britto Neto, Marcos Paulo Souza Novais, Olavo Santos Junior, Ubiratã Maciel, Ricardo Farias do Amaral e Vanildo Fonseca



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

SECRETARIA EXECUTIVA

Secretária Executiva: Luciana Marques
Av. Profº Almeida Prado, 532 - Prédio 11 -
Cidade Universitária - São Paulo - SP
Telefone: (11) 3767-4361 / (11) 3719-0661
Email: abge@abge.org.br - Home Page: www.abge.org.br



É com grande satisfação que apresentamos o segundo número da Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) do ano de 2015. Os artigos publicados abordam diferentes temas na área da Geologia de Engenharia e Ambiental, sendo de interesse de todos os associados da ABGE.

Maurício Pozzobon e colaboradores tratam da análise da suscetibilidade a deslizamentos da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu, no município de Blumenau/SC. Os autores aplicaram a regra de Bayes da probabilidade condicional, através da técnica de pesos de evidência, para analisar as relações espaciais entre um conjunto de potenciais fatores condicionantes de deslizamentos e um conjunto de 205 cicatrizes de deslizamentos ocorridos em 2008, na área de estudo. São apresentadas 6 diferentes combinações de integração dos fatores.

O artigo apresentado por Daniela Garroux Gonçalves de Oliveira e colaboradores aborda a aplicação do televisionamento de sondagens em uma fase de projeto básico do Metrô de São Paulo. A partir dos dados de estruturas obtidas em 17 sondagens, com a perfilagem de 503 metros de rocha, foram definidos os principais blocos formados e analisada a estabilidade destes ao longo dos trechos de túnel e nas paredes de vala de estações e poços.

Marcos Tanaka Riyis e coautores apresentam um estudo de caso onde diversas ferramentas de investigação de alta resolução foram utilizadas em conjunto para determinar, delimitar e caracterizar as diversas camadas estratigráficas de um

solo residual contaminado por óleo lubrificante para a estimativa da massa de contaminantes.

Uma metodologia alternativa para determinação do escoamento superficial por chuva e dos sedimentos gerados por erosão em taludes naturais ou construídos, aplicada por meio da adoção de um sistema de chapas de coletas é proposto no trabalho de Jucielli Quatrin Nunes e colaboradores da UFTPR e da UNESP.

Vitor Santini Müller e coautores da UFSC publicam um artigo onde apresentam um protocolo para a realização, em campo, de ensaios de cisalhamento direto em regime de múltiplos estágios no contexto de mapeamento geotécnico; uma alternativa que possibilita a obtenção expedita de parâmetros de resistência a partir de uma adaptação do equipamento tradicionalmente utilizado em laboratório.

O artigo de Fábio Conrado de Queiróz e colaboradores apresenta uma compilação de dados de propriedades e parâmetros físicos do acervo de rochas silicatadas do IPT, composto por um universo de 412 amostras. Os resultados desta compilação contribuem significativamente com a definição de parâmetros para estudos futuros.

Estamos certos de que o conjunto das informações disponíveis em mais este número da RBGEA configura uma contribuição relevante de profissionais da área de Geologia de Engenharia e Ambiental para a aplicação de novas metodologias e novos procedimentos na área.

Desejamos a todos uma ótima leitura!



- 9** ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRANIA DO BAIXO E MÉDIO ITAJAÍ-AÇU, NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC
Maurício Pozzobon
Gustavo R. Curcio
Claudinei T. da Silveira
- 26** APLICAÇÃO DO TELEVISIONAMENTO DE SONDAgens EM FASE DE PROJETO BÁSICO DO METRÔ DE SÃO PAULO
Daniela Garroux Gonçalves de Oliveira
Marcelo Denser Monteiro
Fabio Taioli
Hugo Cassio Rocha
Gabriel Guimarães Facuri
Alessandro Lugli Nascimento
- 38** ESTIMATIVA DA MASSA DE CONTAMINANTES COMPARANDO TÉCNICAS TRADICIONAIS COM FERRAMENTAS DE INVESTIGAÇÃO DE ALTA RESOLUÇÃO (HRSC)
Marcos Tanaka Riyis
Heraldo Luiz Giacheti
Mauro Tanaka Riyis
Rafael Muraro Derrite
- 50** METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR CHUVA E DOS SEDIMENTOS GERADOS POR EROSÃO EM ENCOSTAS
Jucielli Quatrin Nunes
Vitor André Genehr
Simone Andrea Furegatti
- 61** PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS
Vitor Santini Müller
Nilo Rodrigues Júnior
Matheus Klein Flac
Murilo da Silva Espíndola
Regiane Mara Sbroglia
Rafael Augusto dos Reis Higashi
Juan Antonio Altamirano Flores

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRANIA DO BAIXO E MÉDIO ITAJAÍ-AÇU, NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC

*LANDSLIDES SUSCEPTABILITY ANALYSIS OF THE GEOMORPHOLOGICAL UNIT
"SERRANIA DO BAIXO E MÉDIO ITAJAÍ-AÇU" IN BLUMENAU, SOUTHERN BRAZIL*

MAURÍCIO POZZOBON

*Biol., Dr., Universidade Regional de Blumenau (FURB),
(47) 99183-7627. E-mail: pozzobonmauricio@gmail.com*

GUSTAVO R. CURCIO

*Eng. Agr., Dr., Embrapa Florestas: Colombo – PR, (41) 3675-5600
E-mail: gustavo.curcio@embrapa.br*

CLAUDINEI T. DA SILVEIRA

*Geog., Dr., Universidade Federal do Paraná, (41) 99682-8819.
E-mail: claudineits@ufpr.br*

RESUMO ABSTRACT

Os movimentos gravitacionais de massa classificados como deslizamentos resultam da combinação favorável de condições. Apoiado na premissa da existência de relações funcionais entre a distribuição espacial desses fatores com os processos de deslizamentos é possível calcular a probabilidade de sua ocorrência e gerar cartas de suscetibilidade. Com base nesse preceito, o objetivo do trabalho é analisar as relações espaciais entre deslizamentos ocorridos e um conjunto de potenciais fatores condicionantes e testar modelos de suscetibilidade para a área correspondente à unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu, situada no município de Blumenau. A aplicação da regra de Bayes da probabilidade condicional, através da técnica pesos de evidência, permitiu analisar as relações espaciais entre um conjunto de potenciais fatores condicionantes (geológicos, geomorfológicos e de uso e cobertura do solo) e 205 deslizamentos ocorridos no evento de 2008 na área de estudo. Seis diferentes combinações de integração dos valores ponderados de cada fator foram elaboradas no intuito de identificar àquela que resulta no melhor ajuste em relação à independência espacial entre os temas e às eficiências de classificação e predi-

Gravitational mass movements classified as landslides result from the combination of favorable conditions. Assuming the existence of functional relationships between the spatial distribution of conditioning factors and the landslides is possible to calculate the probability of its occurrence and generate charts of susceptibility. The objective of this work is analyze the spatial relationships between landslides and a set of potential conditioning factors and, from these analyzes, propose and testing susceptibility models for geomorphological unit named Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu in the municipality of Blumenau. The application of Bayes rule of conditional probability, using the technique weights of evidence, allowed to analyze the spatial relationship between a set of potential conditioning factors (related to geological, geomorphological and land cover aspects) and 205 landslides occurred in 2008 event in the study area. The combination of the weights of the factors distance from lineaments, aspect, plan curvature and slope (model 6) presents the best settings, between models that meet the independence requirements. From these models, it is possible to recognize that situations of high to very

ção. A combinação dos pesos dos temas orientação das vertentes, curvatura horizontal, declividade e NDVI (modelo 6) foi a que apresentou os melhores indicadores de eficiência de classificação e de predição, entre os modelos que atenderam os requisitos de independência. A partir destes modelos, é possível reconhecer que as situações de alta a muito alta suscetibilidade podem variar de 22% (modelo 2) a 37% (modelo 4) da área deste compartimento, na escala 1:25.000.

Palavras-chave: análise da suscetibilidade; probabilidade condicional; compartimentação geomorfológica.

high susceptibility may vary between 22% (model 2) to 37% (model 4) of the area of this compartment, on 1:25.000 scale.

Keywords: Susceptibility analysis; conditional probability; geomorphological compartmentalization

1 INTRODUÇÃO

Dentre os importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre, destacam-se os movimentos gravitacionais de massa, que compreendem diferentes processos, incluindo os deslizamentos (Summerfield 1991, Cruden & Varnes 1996, Dikau 2004).

Os deslizamentos referem-se aos processos em que há desprendimento de material e a mobilização se processa sobre um ou mais planos de deslizamento. As superfícies de ruptura podem se desenvolver com geometrias variadas e em diferentes profundidades, envolvendo diferentes tipos de materiais inconsolidados (Cruden & Varnes 1996, Augusto Filho & Virgili 1998, Dikau 2004, Fiori & Carmignani 2009).

Ao longo da costa atlântica brasileira, a deflagração natural desses fenômenos está fortemente vinculada a episódios de chuvas intensas (Wolle & Pedrosa 1981, Ahrendt 2005, Vedovello & Macedo 2007). As instabilidades se manifestam preferencialmente em zonas de convergência hídrica, onde o manto de regolito atinge uma máxima espessura, conforme um limite crítico de declividade imposto por relações locais de equilíbrio dinâmico (Matsushi et al. 2006, Fiori & Carmignani 2009). Nas condições em que houver água suficiente e a topografia favorecer a convergência dos detritos nos canais naturais de escoamento, o material mobilizado poderá originar corridas de massa, amplificando seus efeitos diretos e indiretos (Cruden & Varnes 1996, Dikau 2004, Matsushi et al. 2006).

Em razão dos efeitos decorrentes, os deslizamentos podem representar sérias ameaças às sociedades modernas, sobretudo na perspectiva de crescimento da população humana e do processo de ocupação desordenada do solo. Danos e perdas ambientais, de ordem social, econômica e natural de diferentes portes e extensões estão associados à ocorrência de deslizamentos, que afetam regiões ricas ou pobres, áreas urbanas ou rurais, e comunidades preparadas ou não para enfrentá-los (Vedovello & Macedo 2007).

O planejamento do uso e ocupação do solo é apontado como a medida mais eficiente para evitar ou reduzir os danos e prejuízos decorrentes de processos do meio físico potencialmente perigosos. Neste caso, a identificação dos locais que apresentam predisposição natural para a ocorrência do fenômeno, constitui etapa primária no processo de análise e avaliação dos riscos associados, e elemento norteador do ordenamento territorial (Vedovello & Macedo 2007, Macedo & Bressani 2013).

A análise de suscetibilidade permite a identificação da potencialidade de ocorrência do fenômeno, e pode ser conduzida por modelos empíricos (análise da distribuição dos movimentos de massa e de mapeamentos geológico-geotécnicos), ou através da aplicação de modelos matemáticos (determinísticos ou probabilísticos) (Montgomery & Dietrich 1994, Soares et al. 2002, Araújo 2004, Pereira et al. 2012, Macedo & Bressani 2013). A abordagem probabilística permite delimitar unidades do meio conforme o grau de suscetibilidade, utilizando um modelo de evento e um conjunto de

variáveis espaciais georreferenciadas (Soares et al. 2002). Assumindo a ideia de que os deslizamentos resultam da combinação de condições favoráveis, pode-se presumir a existência de relações funcionais entre a distribuição dos mesmos e dos respectivos fatores condicionantes, tornando possível calcular a probabilidade de sua ocorrência e gerar cartas com distribuição de valores, organizados em classes de suscetibilidade.

No presente estudo foi empregada a técnica de modelagem espacial pesos de evidência (Bonham-Carter 1994), pautada nos princípios da regra de Bayes da probabilidade condicional, com o objetivo de identificar condicionantes ambientais regentes da distribuição espacial dos deslizamentos,

propor e testar modelos de suscetibilidade para a área correspondente a unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu no município de Blumenau/SC, na escala 1:25.000.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área do município de Blumenau/SC foi segregada segundo a abrangência das unidades geomorfológicas representadas em seu território, quais sejam, “Serras Cristalinas Litorâneas” e “Serranias do Baixo e Médio Itajaí-Açu”. Esta última compreende o recorte que é objeto do presente estudo, com área de 222,2 km² (Figura 1).

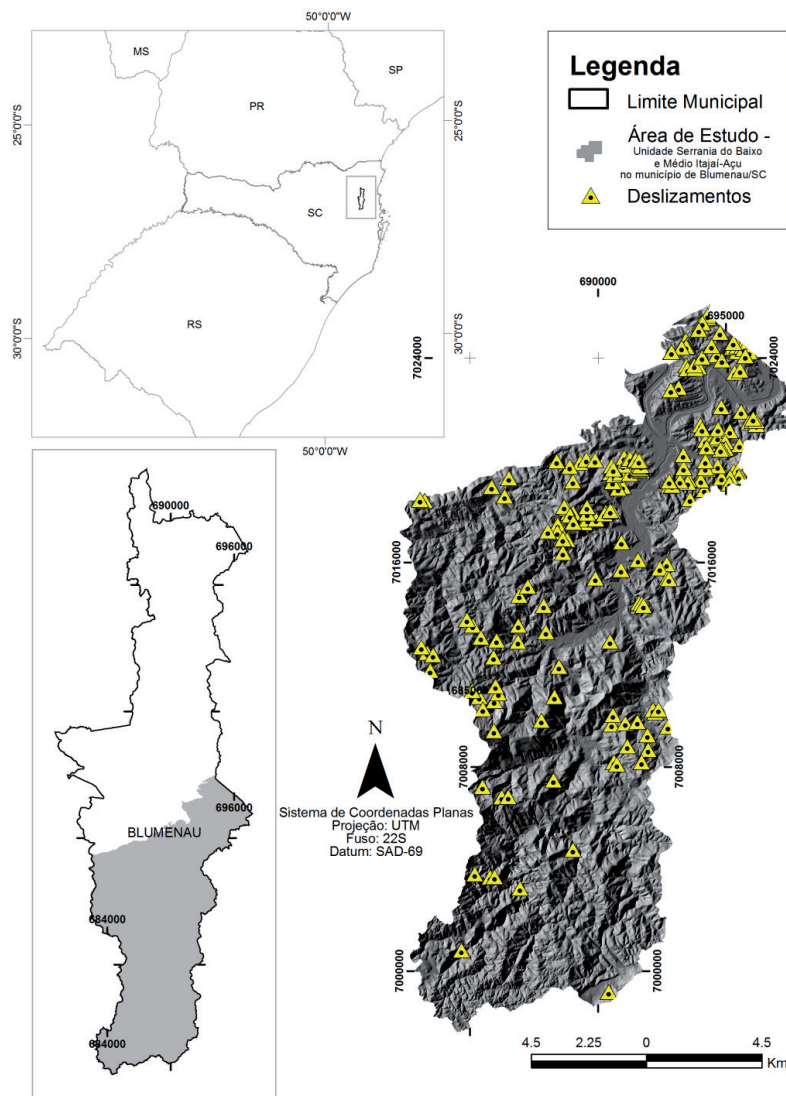


Figura 1. Localização geral do município de Blumenau/SC, da área de estudo e a distribuição dos deslizamentos utilizados como pontos de treinamento. Relevo representado pelo modelo de elevação sombreado.

Constitui área onde o relevo apresenta maior grau de dissecação, conformando montanhas e escarpas com contrastes altimétricos acentuados, vertentes de alta declividade com fases de relevo predominantemente ondulado a escarpado, fina densidade de drenagem, vales profundos (“V” fechado) normalmente balizados por planos aluviais descontínuos e localizados nos altos cursos de rios que pertencem à bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu (IBGE 2002b) (Figura 1).

Considerando a distribuição dos condicionantes de natureza litoestrutural, a área de estudo está inserida no contexto do domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis (Cinturão Dom Feliciano), designado como Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados (IBGE 2004a). Está representado na área de estudo pelas unidades *foreland* (Grupo Itajaí) e *supracrustal* (Complexo São Miguel e Grupo Brusque) (Basei 1985, Castro et al. 2003, Basei et al. 2011).

Neste compartimento se destacam as feições geradas durante a transição Neoproterozoico/Cambriano na formação do Gondwana ocidental, bem como as relacionadas à reativação mesozoica, responsável pelo rifteamento precursor do oceano Atlântico Sul. A sequência vulcano-sedimentar do Grupo Brusque foi deformada e metamorfizada no Ciclo Brasileiro, em um primeiro evento colisional. Um segundo evento orogenético deformou inclusive os sedimentos mais jovens do Grupo Itajaí, com vergência para NW, colocando as litologias situadas a SE sobre os terrenos granulíticos do Cráton Luis Alves (Basei 1985, IBGE 2002, Castro et al. 2003, Basei et al. 2011).

A despeito de não ter sido feito levantamento sistemático visando o mapeamento pedológico da área de estudo em escala de detalhe, mas tomando-se como referência os trabalhos de IBGE (2003) e Potter et al. (2004), e observações de campo, é possível afirmar que a área de estudo é composta, predominantemente, por Neossolos Flúvicos, Gleissolos Háplicos, Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Quanto aos aspectos vinculados à vegetação natural da área de estudo, cabe mencionar que esta integra o Bioma Mata Atlântica, no domínio da região fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa, representada pelas classes de formação conhecidas como Fluvial, Submontana, Montana e

Altomontana (Vibrans et al. 2013). Limitando o relato de Sevegnani et al. (2013) para a realidade da área de estudo, a alta representatividade de espécies arbóreas pioneiras nos remanescentes florestais constitui forte argumento na afirmação de que essas formações encontram-se muito alteradas e em processo de sucessão secundária, resultando em um padrão de mosaico, onde se manifestam todos os estágios sucessionais (Vibrans et al. 2013).

O clima da região pode ser caracterizado como temperado úmido com verões quentes e invernos brandos (cfa) segundo a classificação de Köppen (1948), com temperaturas médias anuais entre 18°C e 20°C e com pluviosidade variando entre 1.600 e 1.800 mm anuais. O comportamento climatológico da precipitação mensal de Blumenau apresenta uma estação chuvosa no verão (dezembro a março), um período mais seco entre abril e julho e uma estação chuvosa secundária nos meses de setembro e outubro (Severo 2009).

O evento meteorológico extremo de 2008, ao qual se vincula a ocorrência dos deslizamentos utilizados como referência no presente trabalho, pode ser compreendido como a associação de dois cenários predisponentes à manifestação generalizada das instabilidades em taludes e encostas naturais registradas na área de estudo (Silva Dias 2009, Severo 2009). O primeiro deles resulta de um acumulado de precipitações contínuas a partir do mês de julho e que se intensificaram a partir de outubro daquele ano, quando foram registradas as primeiras anomalias, com valores acumulados (353,2 mm) que superaram as médias históricas em cerca de três vezes (Silva Dias 2009, Severo 2009). O segundo cenário passa a se configurar a partir do dia 18 de novembro, com o ápice nos dias 22 e 23, quando os totais diários registrados ficaram torno de 250 mm de chuva. O acumulado mensal resultou em 1.001,7 mm, superando em seis vezes a média histórica (Severo 2009).

A despeito da histórica recorrência de desastres naturais, o evento pluviométrico extremo de novembro de 2008 figura como um novo paradigma regional no que se refere à gestão de riscos e desastres naturais. Revelou de forma contundente a existência de condições de elevada suscetibilidade natural, em virtude da manifestação generalizada de movimentos gravitacionais de massa e

processos correlatos, incorrendo em sérios prejuízos humanos, ambientais e materiais (Aumond & Sevegnani 2009, Frank & Sevegnani 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Obtenção e preparo dos dados

A delimitação da área de estudo, através da compartimentação geomorfológica, foi realizada considerando os limites entre as unidades do Complexo Granulítico de Santa Catarina (C.G.SC) e as unidades do Grupo Itajaí, resultante de dados de campo obtidos através de mapeamentos realizados pela Diretoria de Geologia, Análise e Riscos Naturais da prefeitura de Blumenau, na escala 1:25.000 (Perdoncini *et al.*, não publicado).

As etapas envolvidas para a análise de suscetibilidade através da aplicação da técnica pesos de evidência podem ser sintetizadas da seguinte maneira: i) preparação dos mapas temáticos das evidências potencialmente úteis para a predição dos locais favoráveis a ocorrência de deslizamentos com dinâmica translacional; ii) seleção e definição dos pontos de treinamento obtidos através do inventário das cicatrizes de deslizamentos; iii) determinação da probabilidade a priori; iv) determinação dos ponderadores bayesianos ($W+$ e $W-$) de cada tema/evidência, tendo em vista as relações de frequências observadas entre a evidência

e a cicatriz do deslizamento, fase esta também denominada como estimativa de favorabilidade; v) reclassificação binária, maximizando a associação espacial mediante a seleção das classes favoráveis através do cálculo do contraste (C) e do valor de confiança (Studentized Contrast - $S(C)$); vi) integração dos mapas binários e determinação da probabilidade a posteriori; vii) aplicação de testes estatísticos para avaliar a condição de independência dos planos de informação entre si, e identificação do melhor esquema de combinação entre os temas selecionados; viii) realização dos testes de validação dos modelos preditivos gerados, através da análise de eficiência de classificação; ix) seleção e definição do melhor modelo e elaboração da carta de suscetibilidade.

Foram utilizados sete temas de evidências conforme a disponibilidade dos dados aplicáveis na escala de referência adotada. Os temas selecionados representam potenciais indicadores de favorabilidade para a composição de modelos de suscetibilidade a deslizamentos, quais sejam, unidades geológicas, faixas de distância de lineamentos morfoestruturais, de orientação de vertentes, curvaturas horizontal e vertical, declividade e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). A relação dos temas de evidências utilizados para a análise de favorabilidade e as respectivas fontes de dados e escalas de referência, encontra-se disposta no Quadro 1.

Quadro 1. Relação dos temas de evidências utilizados para análise de favorabilidade e composição de modelos de suscetibilidade a deslizamentos da área de estudo.

Nº	Tema de Evidência	Fonte	Escala de Mapeamento	Resolução Espacial
1	Unidades geológicas	A partir da compilação de:		
		Basei <i>et al.</i> (2011)	1:250.000	-----
		Iglesias <i>et al.</i> (2011)	1:250.000	-----
		Perdoncini <i>et al.</i> (não publicado)	1:25.000	-----
2	Distância de lineamentos morfoestruturais	Interpretação do Modelo Digital do Terreno (MDT)	1:25.000	5 m
3	Orientação de vertente	Extraído a partir do MDT	1:10.000	5 m
4	Curvatura horizontal	Extraído a partir do MDT	1:10.000	5 m
5	Curvatura vertical	Extraído a partir do MDT	1:10.000	5 m
6	Declividade	Extraído a partir do MDT	1:10.000	5 m
7	Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI	Imagens TM Landsat 5® (2006)	-----	30 m com reclassificação para 5 m

O mapa das unidades geológicas resulta da integração de dados de distintas fontes (Basei *et al.* 2011, Iglesias *et al.* 2011, BLUMENAU, não publicado), e que representam a geologia da área através de diferentes escalas de mapeamento. As expressões topográficas retilíneas foram adotadas como critérios na identificação dos lineamentos morfoestruturais a partir da interpretação do mapa de relevo sombreado com iluminação simulada em diferentes direções, derivado do modelo digital do terreno (MDT). Através do MDT foram realizadas as derivações básicas da informação topográfica através do cálculo de atributos primários e secundários do relevo (clinografia, curvatura - vertical e horizontal, orientação das encostas e mapas de sombreado). Os dados utilizados para a elaboração do modelo digital do terreno (MDT) da área de estudo, advém da base planialtimétrica do município de Blumenau, produto da restituição de levantamento aerofotogramétrico (Aeroimagem 2003), elaborada na escala 1:10.000, com curvas de nível equidistantes em 5 m. Para o cálculo do NDVI foram utilizados os dados do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 (bandas TM3 e TM4), com resolução de 30 m, e reamostrados com 5 m.

A definição dos pontos de treinamento (deslizamentos) contou com a triagem e complementação do banco de dados da Diretoria de Geologia, Análise e Riscos Naturais da Prefeitura Municipal Blumenau (BLUMENAU, Não publicado). O inventário das cicatrizes de deslizamento foi conduzido através de levantamentos de campo apoiados pela interpretação visual de imagens de satélite (QUICKBIRD®, mosaico de 2008 e de 2009, resolução espacial de 60 cm). Os critérios adotados para a distinção entre as diferentes partes dos movimentos foram adaptados da proposta de Highland & Bobrowsky (2008). Para cada cicatriz considerada, foram traçados os polígonos relativos a toda a área diretamente afetada pelo movimento, distinguindo-se a zona de depleção e a área de dejeção. A partir de então, foi definido um ponto de treinamento, correspondente ao centróide da área considerada como a zona de depleção, em concordância com a abordagem adotada por Poli & Sterlachini (2007), Neuhauser & Terhorst (2007), Dahal *et al.* (2008) e Pereira *et al.* (2012).

No presente trabalho foram adotados 205 deslizamentos como pontos de treinamento, associados ao evento de 2008 e que supostamente expressariam condições de suscetibilidade natural, distinguindo-se daqueles típicos de talude de corte ou aterro, e que, portanto, representariam as situações de suscetibilidade induzida.

As zonas de depleção dos 205 deslizamentos utilizados como referência para o compartimento 2, abrange uma área total aproximada de 0,37 Km² (370.625 m²) o que, segundo a resolução espacial adotada, corresponde a 14.825 unidades de área (pixels). O tamanho médio das zonas de depleção no domínio do Cinturão Dom Feliciano é de 0,002 Km² (1.807,9 m²), sendo que a menor apresenta área de 237 m² e a maior de 19.010 m².

3.2 Análise dos dados

No presente trabalho foi utilizada a técnica de modelagem espacial pesos de evidência (*WofE - Weights of Evidence*) (Bonham-Carter 1994).

A definição do tamanho da unidade de área para a análise de favorabilidade obedeceu a resolução espacial derivada da base planialtimétrica utilizada, ou seja, 0,000025 km² (25 m²) e, como função da abordagem adotada de representação das zonas de depleção através do ponto centróide (205 pontos de treinamento) e do tamanho da área de estudo (8.884.826 unidades), o valor obtido para a probabilidade *a priori* foi de 0,000023.

Os procedimentos de cálculo dos ponderadores (e) foram aplicados, aos dados geológicos (unidades geológicas e distância de lineamentos negativos), geomorfológicos (orientação de vertentes, curvatura horizontal e vertical e declividade) e de cobertura do solo (NDVI). O tema distância de lineamentos foi analisado através do método cumulativo ascendente, enquanto que os demais temas foram através do método categórico.

Com vistas à simplificação da análise, a área correspondente aos terraços e planícies oriundos da deposição fluvial, não foi tratada isoladamente e, portanto, incluída no somatório da área dos dois compartimentos delimitados. Ainda, em razão da natureza qualitativa discreta dos dados relativos às unidades geológicas, os mesmos foram consi-

derados apenas na etapa da análise de favorabilidade, não sendo utilizados para a composição dos esquemas de integração dos pesos.

A partir da análise de favorabilidade, foram gerados seis modelos, que compreendem diferentes combinações entre os temas de evidência, com vistas à determinação da probabilidade *a posteriori*, e identificação do resultado que melhor atende aos requisitos de independência dos dados e com o melhor ajuste quanto à eficiência de classificação e de predição.

A independência condicional entre os temas de evidência de cada compartimento foi avaliada através do emprego de dois testes de análise global, a saber, o teste da Razão de Independência Condicional (CIR – *Conditional Independence Ratio*) (Bonham-Carter 1994) e o teste de Agterberg & Cheng (2002) (ACCIT – *Agterberg & Cheng Conditional Independence Test*). O teste da hipótese de independência foi conduzido adotando-se um intervalo de confiança de 98% de probabilidade ($z = 2,33$). Assim, o maior valor do indicador “ACCIT” foi utilizado como critério de escolha do modelo que melhor atende aos requisitos de independência.

A avaliação da qualidade de ajuste dos modelos com relação à eficiência de classificação, considerando os pontos de treinamento, e à eficiência de predição, considerando toda a área das zonas de depleção, foi conduzida através da análise da curva da taxa de sucesso (SRC – *Success Rate Curve*), utilizando como referência o valor da área sob a curva (AUC – *Area Under Curve*) para aferir o ajuste do modelo. Os valores de AUC foram calculados conforme sugerido por Sawatzky et al. (2007).

Os modelos que atenderam os requisitos de independência condicional e apresentaram razoáveis indicadores de eficiência de classificação

e predição, foram reclassificados, resultando em quatro classes que representam diferentes níveis de suscetibilidade a deslizamentos, quais sejam, baixa, média, alta e muito alta suscetibilidade. O limite estabelecido para a definição da classe média suscetibilidade foi o valor da probabilidade *a priori*, e para o das demais classes, através de avaliação visual, foram considerados os pontos significativos de inflexão na curva de distribuição dos valores de probabilidade *a posteriori* (CAPP Curve) em relação à proporção da área acumulada, conforme sugerido por Sawatzky et al. (2007). Trata-se de uma classificação relativa aplicada somente dentro da área de estudo, segundo sua suscetibilidade (probabilidade *a posteriori*). Por princípio, busca-se incluir o maior número de deslizamentos nas classes mais altas, em uma área mínima (Macedo & Bressani 2013).

O aplicativo *Arc-Spatial Data Modeller* (ArcSDM), versão 4 (Sawatzky et al. 2007), que opera como extensão livre na plataforma ArcGIS 9.2 (ESRI®), foi utilizado para realizar todas as etapas do processo de análise espacial.

4 RESULTADOS

Entre as quinze unidades geológicas representadas na área de estudo, cinco delas atenderam os requisitos de favorabilidade, quais sejam, as unidades síltico-arenosa ($C/s(C) = 8,05$), conglomerática ($C/s(C) = 2,32$) e arenosa ($C/s(C) = 2,81$) da Formação Gaspar, que juntas somam 28% dos deslizamentos utilizados como referência, a Formação Ribeirão Carvalho ($C/s(C) = 8,07$) com 43% dos deslizamentos, e os diques ácidos ($C/s(C) = 2,43$) com apenas uma ocorrência registrada (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das unidades geológicas da unidade geomorfológica “Serras do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km²)	%	Pontos de treinamento	%	W*	s(W*)	W-	s(W-)	C	s(C)	C/s(C)
Formação Gaspar: unidade siltico-arenosa	12,84	5,78	41	39,05	1,24	0,16	-0,16	0,08	1,41	0,17	8,05
Formação Gaspar: unidade conglomerática	2,53	1,14	6	5,71	0,94	0,41	-0,02	0,07	0,96	0,41	2,32
Formação Gaspar: unidade arenosa	5,16	2,32	11	10,48	0,84	0,30	-0,03	0,07	0,87	0,31	2,81
Formação Ribeirão Carvalho	43,90	19,76	89	84,76	0,79	0,11	-0,35	0,09	1,14	0,14	8,07
Formação Ribeirão do Bode	28,45	12,80	14	13,33	-0,63	0,27	0,07	0,07	-0,69	0,28	-2,51
Formação Ribeirão Neisse	21,65	9,74	17	16,19	-0,16	0,24	0,02	0,07	-0,18	0,25	-0,70
Formação Nova Rússia	12,76	5,74	2	1,90	-1,77	0,71	0,05	0,07	-1,82	0,71	-2,56
Formação Nova Rússia: unidade conglomerática	0,75	0,34	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Complexo São Miguel	19,52	8,78	17	16,19	-0,06	0,24	0,01	0,07	-0,06	0,25	-0,25
Grupo Brusque	57,74	25,98	6	5,71	-2,18	0,41	0,27	0,07	-2,45	0,41	-5,92
Diques ácidos	0,09	0,04	1	0,95	2,43	1,00	0,00	0,07	2,44	1,00	2,43
Granito Faxinal	1,91	0,86	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Granito Guabiruba	1,41	0,63	1	0,95	-0,26	1,00	0,00	0,07	-0,26	1,00	-0,26
Diques básicos	0,01	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluvião	11,83	5,32	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Itajaí-açu	1,64	0,74	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde: W* = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W*) = desvio padrão do peso positivo; W- = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W-) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

Os resultados da análise de favorabilidade a deslizamentos das faixas de distância de lineamentos morfoestruturais (Tabela 2) indicam que, na área de estudo, a influência exercida manifesta-se até a distância de 300 m, onde foram registrados 77% dos deslizamentos.

Tabela 2. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das faixas de distância de lineamentos morfoestruturais da unidade geomorfológica “Serras do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km²)	%	Pontos de treinamento	%	W*	s(W*)	W-	s(W-)	C	s(C)	C/s(C)
0 a 50 m	33,34	15,01	26	12,68	-0,17	0,20	0,03	0,07	-0,20	0,21	-0,93
50 a 100 m	64,51	29,03	56	27,32	-0,06	0,13	0,02	0,08	-0,09	0,16	-0,54
100 a 150 m	92,49	41,63	93	45,37	0,09	0,10	-0,07	0,09	0,15	0,14	1,08
150 a 200 m	116,47	52,42	119	58,05	0,10	0,09	-0,13	0,11	0,23	0,14	1,61
200 a 250 m	136,48	61,42	140	68,29	0,11	0,08	-0,20	0,12	0,30	0,15	2,01
250 a 300 m	153,23	68,96	157	76,59	0,10	0,08	-0,28	0,14	0,39	0,16	2,34
300 a 350 m	167,06	75,18	164	80,00	0,06	0,08	-0,21	0,16	0,28	0,17	1,58
350 a 400 m	177,86	80,04	169	82,44	0,03	0,08	-0,13	0,17	0,16	0,18	0,85
400 a 450 m	186,37	83,87	178	86,83	0,03	0,08	-0,20	0,19	0,23	0,21	1,14
450 a 900 m	218,45	98,31	198	96,59	-0,02	0,07	0,73	0,38	-0,74	0,38	-1,93
900 a 1350 m	222,10	99,96	204	99,51	0,00	0,07	4,07	1,00	-4,08	1,00	-4,06
> 1350 m	222,20	100,00	205	100,00	0,00	0,07	10,68	14,14	-10,68	14,14	-0,76

Onde: W* = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W*) = desvio padrão do peso positivo; W- = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W-) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

Com relação às classes de orientação das encostas, depreende-se que as vertentes voltadas para os quadrantes Norte ($C/s(C) = 1,10$) e Leste ($C/s(C) = 1,89$) apresentam-se como favoráveis na área de estudo, com 32% e 31% dos deslizamentos respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das classes de orientação das encostas da unidade geomorfológica “Serranias do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km ²)	%	Pontos de treinamento	%	W ⁺	s(W ⁺)	W ⁻	s(W ⁻)	C	s(C)	C/s(C)
Plano	6,55	2,95	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Norte	62,73	28,23	65	31,71	0,12	0,12	-0,05	0,08	0,17	0,15	1,10
Leste	55,53	24,99	63	30,73	0,21	0,13	-0,08	0,08	0,29	0,15	1,89
Sul	45,81	20,62	46	22,44	0,08	0,15	-0,02	0,08	0,11	0,17	0,64
Oeste	51,51	23,18	31	15,12	-0,43	0,18	0,10	0,08	-0,53	0,20	-2,71

Onde: W⁺ = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W⁺) = desvio padrão do peso positivo; W⁻ = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W⁻) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

As encostas lateralmente convergentes (51% dos casos) (Tabela 5), respectivamente para os dados de curvatura horizontal e vertical, foram as que apresentaram maior favorabilidade. As encostas longitudinalmente convexas ($C/s(C) = 1,18$, com 60% dos casos) (Tabela 4) e as que apresentaram maior favorabilidade.

Tabela 4. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das classes de curvatura horizontal da unidade geomorfológica “Serranias do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km ²)	%	Pontos de treinamento	%	W ⁺	s(W ⁺)	W ⁻	s(W ⁻)	C	s(C)	C/s(C)
Convergente	80,16	36,08	124	60,49	0,52	0,09	-0,48	0,11	1,00	0,14	6,98
Retilínea	27,69	12,46	6	2,93	-1,45	0,41	0,10	0,07	-1,55	0,41	-3,75
Divergente	114,27	51,43	75	36,59	-0,34	0,12	0,27	0,09	-0,61	0,15	-4,19

Onde: W⁺ = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W⁺) = desvio padrão do peso positivo; W⁻ = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W⁻) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

Tabela 5. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das classes de curvatura vertical da unidade geomorfológica “Serranias do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km ²)	%	Pontos de treinamento	%	W ⁺	s(W ⁺)	W ⁻	s(W ⁻)	C	s(C)	C/s(C)
Convexa	104,59	47,07	105	51,22	0,08	0,10	-0,08	0,10	0,17	0,14	1,18
Retilínea	21,79	9,81	8	3,90	-0,92	0,35	0,06	0,07	-0,99	0,36	-2,73
Côncava	95,74	43,09	92	44,88	0,04	0,10	-0,03	0,09	0,07	0,14	0,51

Onde: W⁺ = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W⁺) = desvio padrão do peso positivo; W⁻ = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W⁻) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

Com relação às classes de declividade, a favorabilidade está expressa na faixa que varia de 25 a 75° (com 75% dos casos) (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das classes de declividade das encostas da unidade geomorfológica “Serranias do Baixo e Médio Itajaí-Açu”, no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km ²)	%	Pontos de treinamento	%	W ⁺	s(W ⁺)	W ⁻	s(W ⁻)	C	s(C)	C/s(C)
0 a 5°	18,55	8,35	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 a 10°	11,54	5,19	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 a 15°	19,17	8,63	3	1,46	-1,77	0,58	0,08	0,07	-1,85	0,58	-3,18
15 a 20°	30,18	13,58	17	8,29	-0,49	0,24	0,06	0,07	-0,55	0,25	-2,18
20 a 25°	40,34	18,16	40	19,51	0,07	0,16	-0,02	0,08	0,09	0,18	0,50
25 a 30°	40,48	18,22	52	25,37	0,33	0,14	-0,09	0,08	0,42	0,16	2,63
30 a 35°	30,52	13,73	51	24,88	0,59	0,14	-0,14	0,08	0,73	0,16	4,53
35 a 40°	17,85	8,03	21	10,24	0,24	0,22	-0,02	0,07	0,27	0,23	1,16
40 a 45°	8,47	3,81	14	6,83	0,58	0,27	-0,03	0,07	0,61	0,28	2,22
45 a 75°	5,01	2,25	7	3,41	0,42	0,38	-0,01	0,07	0,43	0,38	1,11
≥75°	0,02	0,01	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde: W⁺ = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W⁺) = desvio padrão do peso positivo; W⁻ = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W⁻) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

Para o tema NDVI, as faixas de valores que atenderam os requisitos de favorabilidade foram entre 0,25 e 0,30 (com 4% dos casos) e entre 0,35 a 0,50 (com 38% dos casos).

Tabela 7. Resultado da análise de favorabilidade a deslizamentos translacionais das classes do NDVI de cada compartimento geomorfológico delimitado no município de Blumenau (SC), Brasil.

Classes	Área (Km ²)	%	Pontos de treinamento	%	W ⁺	s(W ⁺)	W ⁻	s(W ⁻)	C	s(C)	C/s(C)
-0,65 a -0,60	0,01	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,60 a -0,55	0,05	0,02	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,55 a -0,50	0,30	0,13	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,50 a -0,45	0,34	0,15	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,45 a -0,40	0,10	0,05	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,40 a -0,35	0,11	0,05	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,35 a -0,30	0,08	0,04	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,30 a -0,25	0,08	0,04	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,25 a -0,20	0,05	0,02	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,20 a -0,15	0,07	0,03	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,15 a -0,10	0,21	0,09	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,10 a -0,05	0,45	0,20	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,05 a 0,00	2,58	1,16	1	0,49	-0,87	1,00	0,01	0,07	-0,87	1,00	-0,87
0,00 a 0,05	1,65	0,74	2	0,98	0,27	0,71	0,00	0,07	0,28	0,71	0,39
0,05 a 0,10	2,46	1,11	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10 a 0,15	2,86	1,29	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,15 a 0,20	3,62	1,63	5	2,44	0,40	0,45	-0,01	0,07	0,41	0,45	0,91
0,20 a 0,25	4,19	1,88	3	1,46	-0,25	0,58	0,00	0,07	-0,26	0,58	-0,44
0,25 a 0,30	5,32	2,40	8	3,90	0,49	0,35	-0,02	0,07	0,50	0,36	1,40
0,30 a 0,35	6,44	2,90	5	2,44	-0,17	0,45	0,00	0,07	-0,18	0,45	-0,39
0,35 a 0,40	10,72	4,82	11	5,37	0,11	0,30	-0,01	0,07	0,11	0,31	0,36
0,40 a 0,45	16,60	7,47	20	9,76	0,27	0,22	-0,03	0,07	0,29	0,24	1,24
0,45 a 0,50	34,58	15,56	47	22,93	0,39	0,15	-0,09	0,08	0,48	0,17	2,88
0,50 a 0,55	45,32	20,40	44	21,46	0,05	0,15	-0,01	0,08	0,06	0,17	0,38
0,55 a 0,60	64,39	28,98	46	22,44	-0,26	0,15	0,09	0,08	-0,34	0,17	-2,06
0,60 a 0,65	19,40	8,73	13	6,34	-0,32	0,28	0,03	0,07	-0,35	0,29	-1,21
0,65 a 0,70	0,14	0,07	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde: W⁺ = razão de suficiência ajustada ao logaritmo natural (peso positivo); s(W⁺) = desvio padrão do peso positivo; W⁻ = razão de necessidade ajustada ao logaritmo natural (peso negativo); s(W⁻) = desvio padrão do peso negativo; C = contraste; s(C) = desvio padrão do contraste e; C/s(C) = valor de confiança.

No que concerne à condição de independência dos modelos gerados (Tabela 9) todos os seis esquemas de combinação atenderam aos requisitos de independência, conquanto, entre eles, o modelo 1, que integra os dados dos temas curvatura horizontal e declividade foi o que apresentou

o maior valor para o indicador ACCIT (26,51) e, o modelo 6, que integra os dados dos temas orientação de vertentes, curvatura horizontal, declividade e NDVI foi o que apresentou o menor valor para o indicador ACCIT (6,74).

Tabela 8. Relação dos esquemas de integração dos diferentes temas de evidência e resultados da análise global de independência espacial dos dados, dos modelos de suscetibilidade da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu no município de Blumenau (SC), Brasil.

Nº	Modelos	T	(T-n)	s(T)	ACCIT	CIR
1	4 + 6	210.90	5.90	13.91	26.51	0.97
2	5 + 6	209.00	4.00	12.75	25.71	0.98
3	2 + 4 + 6	210.40	5.40	11.44	21.26	0.97
4	2 + 3 + 4 + 6	210.60	5.60	7.00	10.71	0.97
5	2 + 4 + 6 + 7	211.00	6.00	6.74	9.70	0.97
6	3 + 4 + 6 + 7	209.00	4.00	4.61	6.74	0.98

2 - Distância de Lineamentos; 3 - Orientação de vertente; 4 - Curvatura horizontal; 5 - Curvatura vertical; 6 - Declividade e; 7 - NDVI; T - Somatório dos valores de probabilidade a posteriori; n - Número de pontos de treinamento; s(T) - Desvio padrão de T; ACCIT - Valor do teste Aterberg & Cheng de independência condicional; CIR - Razão de independência condicional.

Com relação à validação dos modelos, os resultados obtidos através das análises de eficiência de classificação e de predição demonstram respostas diferenciadas entre os modelos (Tabela 10). A maior eficiência de classificação ($AUC^1 = 0,71$) resultou da integração dos pesos representada pelos modelos 5 e 6. Contudo, o modelo 6 foi o que

apresentou a maior eficiência de predição ($AUC^2 = 0,68$). Por sua vez, o modelo 1 foi o que apresentou a maior proporção de pontos de treinamento (81%) e da área das zonas de depleção classificados corretamente, que, aliado ao razoável valor da área sob a curva para ambos os parâmetros, também atesta o seu bom desempenho.

Tabela 9. Indicadores de eficiência de classificação e predição dos modelos de suscetibilidade a deslizamentos que atenderam os requisitos de independência espacial da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu no município de Blumenau (SC), Brasil.

Modelos	Temas combinados	AUC ¹	% ¹	AUC ²	% ²
1	4 + 6	0.70	81	0.58	73
2	5 + 6	0.65	70	0.54	57
3	2 + 4 + 6	0.70	76	0.59	63
4	2 + 3 + 4 + 6	0.69	70	0.64	58
5	2 + 4 + 6 + 7	0.71	70	0.66	59
6	3 + 4 + 6 + 7	0.71	68	0.68	59

2 - Distância de Lineamentos; 3 - Orientação de vertente; 4 - Curvatura horizontal; 5 - Curvatura vertical; 6 - Declividade; 7 - NDVI; AUC¹ - Valor da área sob a curva considerando os pontos de treinamento; %¹ - Frequência relativa dos pontos de treinamento classificados corretamente; AUC² - Valor da área sob a curva considerando a área total das zonas de depleção; %² - Proporção da área total das zonas de depleção classificada corretamente.

Através da metodologia adotada e dos modelos selecionados, é possível identificar que a probabilidade *a posteriori* variou entre 2 a 6 vezes

o valor da probabilidade *a priori*. Entre os seis modelos, as situações de alta e muito alta suscetibilidade variam entre 22% (modelo 2) a 37% (modelo

4) da área de abrangência da unidade geomorfológica Serrania do Baixo Médio Itajaí-Açu no município de Blumenau, na escala 1:25.000.

A distribuição espacial da suscetibilidade a deslizamentos do modelo 4 (que apresentou a

maior área classificada como de alta e muito alta suscetibilidade), que integra os pesos dos temas distância de lineamentos, orientação de vertente, curvatura horizontal e declividade, encontra-se representada na Figura 2.

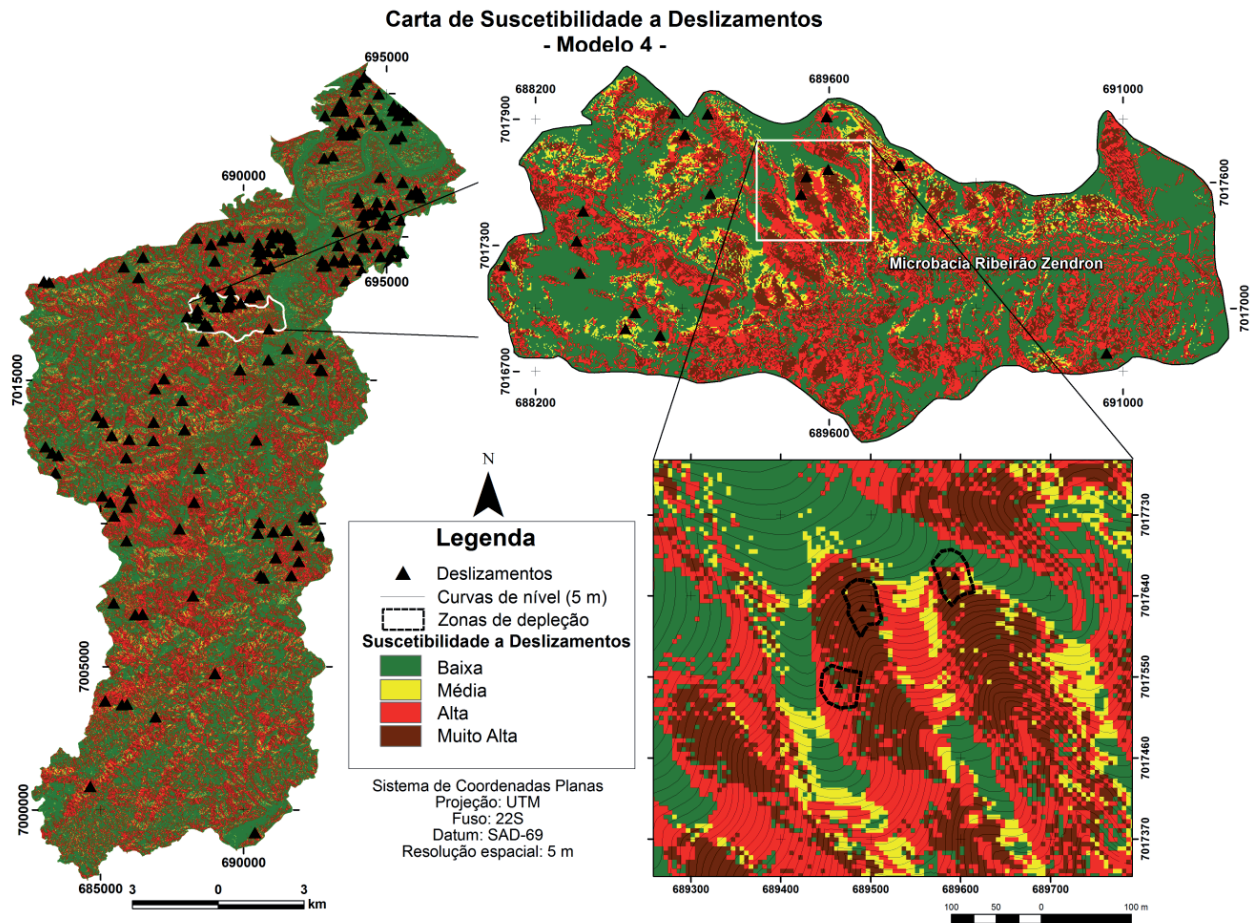


Figura 2. Carta de suscetibilidade a deslizamentos (modelo 4) da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Vale do Itajaí-Açu no município de Blumenau/SC. Articulação de recortes da área para ilustrar o resultado através de detalhamento progressivo da escala de representação.

Esse modelo resulta da combinação de pesos calculados de fatores predisponentes frequentemente associados à ocorrência de cicatrizes de deslizamento em literatura técnico-científica (CPRM/IPT 2014), quais sejam, distância de lineamentos morfoestruturais, orientação das encostas, curvatura horizontal e declividade. A combinação entre esses fatores pode refletir a ação combinada de aspectos geológicos, geomorfológicos e hidro-lógico-pedológico, influenciando a distribuição das cicatrizes de deslizamento (Stabile et al. 2013; CPRM/IPT 2014).

A importância da disposição das feições do relevo associadas aos lineamentos morfoestruturais (correlatos a fraturas, juntas, zonas de falhas e outras descontinuidades) traduz-se na influência destes exercida sobre o modelamento (Soares & Fiori 1975). A favorabilidade observada (dentro da faixa de distância de até 200 m) pode estar refletindo, de maneira geral, a influência de estruturas geológicas, condicionando o surgimento de descontinuidades mecânicas e hidráulicas, conferindo maior predisposição à instabilizações (Frasca & Sartori 1998, Magalhães & Cella 1998).

A orientação das vertentes mantém relação direta com a exposição à insolação, influenciando nas taxas de evapotranspiração e no teor de água do solo (Soares et al. 2002, Geroy et al. 2011). Neste sentido, é possível presumir que as encostas situadas nas faces de menor insolação apresentem maiores teores de umidade antecedente do solo, influenciando na quantidade de água que poderá infiltrar e ser estocada até o solo atingir a condição limite de estabilidade (Baum & Godt 2010, Hawke & McConchie 2011). A favorabilidade de vertentes voltadas para o quadrante sul pode refletir os efeitos decorrentes de menor exposição à insolação sobre a estabilidade das encostas na área de estudo. A concentração de fluxo hídrico orientada pela forma lateralmente côncava predispõe a formação de zonas com diferentes intensidades de saturação hídrica, muitas vezes traduzindo-se nos locais de maior sujeição à redução da coesão aparente ou às condições de poro-pressões positivas críticas, especialmente nos eventos de intensa precipitação pluviométrica (Montgomery & Dietrich 1994, Fernandes et al. 2004, Vieira & Fernandes 2004, Fiori & Carmignani 2009). A influência da declividade está vinculada com a magnitude das forças gravitacionais atuantes, e que se expressa através do peso por unidade de área dos materiais que constituem as vertentes (Holtz & Kovacz 1981).

5 CONCLUSÕES

Na área de abrangência da unidade geomorfológica Serrania do Baixo e Médio Itajaí-Açu, no município de Blumenau/SC, seis modelos de suscetibilidade atenderam os pressupostos de independência espacial, concorrendo com sutis diferenças quanto à eficiência de classificação e de predição.

O modelo que integra os valores das classes dos fatores orientação das vertentes, curvatura horizontal, declividade e NDVI, compreende àquele que apresentou os melhores indicadores de eficiência de classificação e predição. Contudo, o modelo que integra os valores das classes dos fatores distância de lineamentos morfoestruturais, orientação das encostas, curvatura horizontal e declividade, além de atender os requisitos de independência espacial e de eficiência de

classificação e predição, foi o que apresentou a maior área classificada como de alta e muito alta suscetibilidade.

A partir dos modelos selecionados, é possível identificar que as situações de alta e muito alta suscetibilidade variam entre 22% a 37% da área de estudo, detidamente às zonas potenciais de geração de deslizamentos.

A classificação relativa dos modelos gerados (muito alta, alta, média e baixa), aplicável somente dentro da área de estudo, indica os locais onde a propensão é maior ou menor para a geração de deslizamentos, não indicando a trajetória e o raio de alcance dos materiais mobilizáveis.

Aspectos positivos e negativos podem ser relacionados à aplicação da técnica pesos de evidência para a previsão de áreas suscetíveis a deslizamentos. Entre os aspectos positivos, convém destacar que: i) trata-se de um método que permite a determinação objetiva das relações espaciais entre os fatores condicionantes e os eventos conhecidos; ii) evita a subjetividade na escolha dos fatores condicionantes; iii) os pesos de múltiplos fatores podem ser combinados; iv) possibilita evitar a combinação de dados de fatores que apresentam alta correlação espacial; v) por se tratar de um método baseado nos dados, os resultados podem ser aprimorados a partir de novas observações e da aquisição de novos dados, desde que disponíveis e que apresentem significância na escala de referência. No tocante aos aspectos negativos da utilização da técnica pesos de evidência, destaca-se que: i) os pesos das classes dos fatores podem ser subestimados ou superestimados se a área de abrangência delas for muito pequena e se os deslizamentos não apresentarem uma distribuição uniforme na área de estudo; iii) exige a independência condicional entre os dados dos diferentes fatores utilizados na composição dos modelos, limitando o número possível de combinações; iv) os pesos obtidos para diferentes áreas não podem ser comparados entre si e; v) o método somente é aplicável em áreas onde os eventos são conhecidos.

A despeito das limitações inerentes à aplicação da técnica pesos de evidência, os resultados obtidos fornecem medidas adequadas e válidas (segundo o modelo de evento adotado e as condições modeladas) para a previsão de áreas

suscetíveis a deslizamentos no domínio da unidade geomorfológica do Baixo e Médio Vale do Itajaí-Açu no município de Blumenau/SC na escala de 1:25.000, uma vez que integram dados compatíveis com a escala de referência adotada e atestam os indicadores de validação. Conforme proposto em Macedo & Bressani (2013), considera-se ainda que o zoneamento apresentado atende os requisitos para enquadramento em nível básico e, em função da escala, é representativo de trabalhos efetuados em caráter semirregional ou de semidetalhe.

Assim, a identificação das áreas com maior potencial para a manifestação de deslizamentos, segundo as condições modeladas, representa um instrumento que pode ser útil como subsídio para a implantação de processos complementares através de detalhamento progressivo, sobretudo quanto à elaboração das cartas geotécnicas de aptidão à urbanização e às cartas de risco, orientando as medidas de planejamento e reordenamento territorial e a gestão de riscos na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura de Blumenau, Universidade Federal do Paraná (Programas de Pós Graduação em Engenharia Florestal e Geologia) e ao CNPq pelo suporte oferecido à realização das pesquisas. Manifestam ainda agradecimento especial aos senhores Dr. Alberto P. Fiori, Dr. Paulo C. Soares, Dr. Alexandre Uhlmann, Esp. Eduardo Zimmer, Esp. Henrique M. C. Carreirão, Dr.a Leila C. Perdoncini e Dr Manoel R. D. Correia pelo auxílio concedido, essencial à realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Agterberg F. P. & Cheng Q. 2002. Conditional independence test for Weights-of-Evidence modelling. *Natural Resources Research*, 11(4):249 - 255.
- Ahrendt A. 2005. Movimentos de massa gravitacionais - proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão (SP). Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 334 p.
- Araújo P. C. de 2004. Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 172pp.
- Augusto-Filho O. & Virgili, J. C. 1998. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. p. 243-270.
- Aumond J. J. & Sevegnani L. 2009. Descrição do desastre: os escorregamentos de encostas. In: Frank, B.; Sevegnani, L. (Eds.). *Desastre de 2008: água, gente e política*. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí. p. 78-91.
- Basei M. A. S., Drukas C. O., Nutman A. P., Wemmer K., Dunyi L., Santos P. R., Passarelli C. R., Campos Neto M. C., Siga O. Jr., Osako L. 2011. The Itajaí foreland basin: a tectono-sedimentary record of the Ediacaran period, Southern Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, 100(2-3): 543-569.
- Baum R. L. & Godt J. W. 2010. Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in USA. *Landslides*, 7: 259-272.
- Perdoncini L. C., Lehnen R., BORGES A., Xavier F. F. Não publicado. Mapa geológico do município de Blumenau: versão preliminar - escala 1:25.000. Blumenau: Diretoria de Geologia, Análise e Riscos Naturais.
- Blumenau. Prefeitura Municipal de Blumenau - Diretoria Municipal de Geologia, Análise e Riscos Naturais. Não publicado. Banco de dados geoambientais: inventário de movimentos gravitacionais de massa.
- Bonham-Carter G.F. 1994. *Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS*. Ottawa: Pergamon. 398p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil & IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2014. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações

- Blumenau/Santa Catarina. Brasília: CPRM/IPT. Escala 1:25.000.
- Cruden D. M. & Varnes D. J. 1996. Landslides types and processes. In: Turner A. K. & Schuster R. L. (Eds.). *Landslides: investigation and mitigation*. Special Report 247/Transportation Research Board. Washington: National Academy Press.
- Dahal R. K., Hasegawa S., Nonomura A., Yamanaka M., Masuda T., Nishino K. 2008. GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping. *Environ. Geol.*, 54:311-324.
- Dikau R. 2004. Mass Movement. In: Goudie, A. (Org.). *Encyclopedia of Geomorphology*. Londres: Routledge. p. 644-652.
- Fernandes N. F., Guimarães R. F., Gomes R. A. T., Vieira B. C., Montgomery D. R., Greenberg H. 2004. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modelling. *Catena*, 55: 163-181.
- Fiori A. P. & Carmignani L. 2009. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes. Curitiba: UFPR. 602 p.
- Frank B. & Sevegnani L. 2009. Desastre de 2008: água, gente e política. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí.
- Frasca M. H. B. de O. & Sartori P. L. P. 1998. Minerais e rochas. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S. N. A. de. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE. p.15-38.
- Geroy I. J., Gribb M. M., Marshall H. P., Chandler D. G., Benner S. G., Macnamara J. P. 2011. Aspect influences on soil water retention and storage. *Hydrol. Process.* 25: 3836-3842.
- Guidicini G. & Nieble C. M. 1984. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher. 194p.
- Hawke R. & McConchie J. 2011. In situ measurement of soil moisture and pore water pressures in an "incipient" landslide: Lake Tutira, New Zeland. *Journal of Environmental Management.* 92: 266-274.
- Holtz R. D. & Kovacs W. D. 1981. *An introduction to geotechnical engineering*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 733p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2012. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 28 de maio de 2013.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.- Divisão de Geociências do Sul 2002a. Projeto Gerenciamento Costeiro. 3ª fase. Relatório Técnico Geologia. Florianópolis. Disponível em: www.morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/Solos_final.pdf. Acessado em 24/10/2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.- Divisão de Geociências do Sul. 2002b. Projeto Gerenciamento Costeiro. 3ª fase. Relatório Técnico Geomorfologia. Florianópolis. Disponível em: www.morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/Geomorfologia.pdf. Acessado em 24/10/2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004a. Mapa de Geomorfologia. Rio de Janeiro, IBGE. Folha Joinville - SG.22-Z-B. Escala 1:250.000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004b. Mapa de Geomorfologia. Rio de Janeiro, IBGE. Folha Florianópolis - SG.22-Z-D. Escala 1:250.000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.- Unidade Estadual do IBGE em Santa Catarina. 2003. Projeto Gerenciamento Costeiro. 3ª fase. Relatório Técnico Solos. Florianópolis. Disponível em: <www.morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/Solos_final.pdf>. Acessado em 24/10/2012.
- Iglesias C. M. da F., Zerfass H., da Silva M. A. S., Klein C. 2011. Programa Geologia do Brasil: carta geológica - escala 1:250.000 (Folha SG-22-Z-B Joinville), Estado de Santa Catarina. Brasília,

- DNPM/CPRM. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>. Acesso em: 17 de setembro de 2012.
- Köppen W. 1948. Climatologia: com um estudo de los climas de la tierra. México, Fondo de Cultura Económica, 466p.
- Macedo E. S. & Bressani L. A. (Org.). 2013. Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo. São Paulo, ABGE & ABMS. 88 p.
- Magalhães F. S. & Cella, P. R. C. 1998. Estrutura dos maciços rochosos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. e BRITO, S. N. A. de. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE. p.39-55. 1998.
- Matsushi Y., Hattanji T., Matsukura Y. 2006. Mechanisms of shallow landslides on soil-mantled hillslopes with permeable and impermeable bedrocks in the Boso Peninsula, Japan. *Geomorphology*, 76: 92-108.
- Montgomery D. R. & Dietrich W. E. 1994. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. *Water Resource Research*, 30(4):1153-1171.
- Neuhäuser B. & Terhorst B. 2007. Landslide susceptibility assessment using “weights-of-evidence” applied to study area at the Jurassic escarpment (SW - Germany). *Geomorphology*, 86:12-24.
- Pereira S., Zêzere J. L., Bateira C. 2012. Technical note: assessing predictive capacity and conditional independence of landslide predisposing factors for shallow landslide susceptibility models. *Nat. Hazards Earth Sci.* 12: 979-988.
- Poli S. & Sterlacchini S. 2007. Landslide representation strategies in susceptibility studies using weights-of-evidence modeling technique. *Natural Resources Research*, 16(2): 121-134.
- Potter R. O., Carvalho A. P., Flores C. A., Bognola, I. 2004. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos. CD ROM; mapa color. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
- Sawatzky D. L., Raines G. L., Bonhanm-Carter G. F., Looney, C. G. 2007. Spatial Data Modeller (SDM): ArcMAP 9.2 geoprocessing tools for spatial data modeling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural networks. Disponível em: <http://arcscrip.esri.com/details.asp?dbid=15341>. Acessado em 11/06/2009.
- Sevegnani L., Vibrans A. C., Gasper A. L. de. 2013. Considerações finais sobre a Floresta Ombrófila Densa e Restinga. In: Vibrans A. C., Sevegnani L., Gasper A. L. de, Lingner D. V. (Eds.). Inventário florístico florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Densa. Blumenau, Edifurb, v.4, p. 325-327.
- Severo D. A meteorologia do desastre. In: Frank, B.; Sevegnani, L. (Eds.). Desastre de 2008: água, gente e política. Blumenau, Agência de Água do Vale do Itajaí. p. 70-77.
- Silva Dias M. A. F. 2009. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. Nota técnica. São José dos Campos: INPE. 67p.
- Soares P. C. & Fiori A. P., 1975. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas. *Notícia Geomorfológica*. 16(32): 71-104.
- Soares P. C., Soares A. P., Fiori A. P. 2002. Raciocínio probabilístico aplicado à suscetibilidade de escorregamentos: um estudo de caso em Campo Largo, Paraná, Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*. 51:59-76.
- Stabile R. A., Ferreira A. L., Carvalho A. M. de, Siqueira A. G., Bitar O. Y. 2013. Análise de fatores condicionantes de instabilizações em encostas como subsídio para a modelagem estatística da suscetibilidade a deslizamentos. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14., 2013, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, ABGE, 2013. 1 CD ROM.
- Summerfield M. A. 1991. *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. Edinburgh: Pearson Prentice Hall. 537 p.

Vedovello R. & Macedo E. S., 2007. Deslizamentos de encostas. In: Vulnerabilidade Ambiental (Santos, R. F. org.). Brasília, MMA, p. 75-93.

Vibrans A. C., Sevegnani L., Gasper A. L. de, Lingner D. V. 2013. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Densa. Blumenau, Edifurb. v.4. 576p.

Vieira B. C. & Fernandes N. F. 2004. Landslides in Rio de Janeiro: the role played by variations in soil

hydraulic conductivity. *Hidrol. process.* 18:791-805.

Wolle C.M. & Pedrosa J.A.B. 1981. Horizontes de transição condicionam mecanismos de estabilização de encostas na Serra do Mar. In: Anais... Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3, 1981, Itapema. Itapema, 1981, v. 2, p. 121-135.

DIRETRIZES PARA AUTORES

PREPARAÇÃO PARA SUBMISSÃO

Tipo e Tamanho de Arquivo: O texto do manuscrito deverá ser enviado em **arquivo Word (.doc)**, **em separado**, com os locais de inserção das figuras assinalados, seguido das respectivas legendas. As **ilustrações** deverão ser enviadas em **arquivo .tif**, também **em separado** (uma ilustração por arquivo). O mesmo procedimento deverá ser adotado para as **tabelas**, em arquivo. doc.

O artigo não poderá ultrapassar a **10.000** palavras ou **20 páginas**, incluindo título, autores, instituições e e-mail, resumo e palavras-chave, abstract e keywords, texto, figuras, tabelas, mapas, referências e legendas.

Nenhum **arquivo** poderá ultrapassar a **10Mb** de tamanho.

Forma de envio: O texto deverá ser enviado junto com as **ilustrações** (inclusive tabelas) no Sistema Eletrônico de submissão (ver passos práticos para envio de manuscritos na página da RBGEA, no ítem “Instruções para envio de artigos”).

ARTIGOS

Organização de artigos: deverá constar em sequência, o título, nome completo do(s) autor(es), instituição e e-mail (nome da instituição, cidade, estado, país e e-mail. Para alunos de mestrado ou doutorado, indicar “Programa de Pós-graduação”, instituição, e demais informações acima), resumo e palavras-chave, abstract e keywords, texto completo, referências, ilustrações e tabelas. O texto deve conter, preferencialmente: introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusões e agradecimentos.

Hierarquização dos títulos e subtítulos: Deve seguir o padrão:

Nível 1 - EM **NEGRITO**, TODAS AS LETRAS MAIÚSCULAS.

Nível 2 - Em **negrito**; a primeira letra da primeira palavra em maiúscula e as demais minúsculas.

Nível 3 - **ITÁLICO**, NÃO **NEGRITO**, TODAS AS LETRAS MAIÚSCULAS.

Nível 4 - **Itálico**, não **negrito**; a primeira letra da primeira palavra em maiúscula e as demais minúsculas.

Agradecimentos - **Negrito e itálico** (apenas o subtítulo). **Referências - Negritas e minúsculas** (apenas o subtítulo).

Manter um espaço simples entre itens e subtítulos do texto. Utilizar fonte Times New Roman, tamanho 11.

A indicação da inserção das ilustrações (figuras, tabelas, etc) no texto deverá ser em posição o mais próximo possível de sua primeira citação.

Formato do Resumo, Resúmen e o Abstract: Não poderão exceder 300 palavras cada, em parágrafo único, fonte Times New Roman, corpo 10, espaço simples (1,0) e serem seguidos de palavras-chaves, palabras claves e keywords (no mínimo 3 e máximo 5), respectivamente. Artigos em português, espanhol ou francês deverão ter o título vertido para o idioma inglês, em **MAIÚSCULO E ITÁLICO**, colocado após a palavra Abstract.

Formato do texto: Editar o texto em Word, fonte Times New Roman, corpo 11, espaço simples, papel A4, orientação em retrato e editado em apenas uma coluna. As margens deverão ter as seguintes medidas: superior: 2,0; inferior 2,0; esquerda 3,0 e direita 2,0. Digitar as tabelas em documentos word.

Abreviações: Devem ser evitadas ou mantidas ao mínimo. Se usadas, devem ser definidas na primeira vez que forem mencionadas e não devem ser utilizadas no título, resumo e abstract.

Ilustrações: A versão impressa da RBG publica ilustrações em preto e branco e tons de cinza. A versão “on line” publicações coloridas. As fontes usadas para textos sobre fotografias deve ser uma da família da Helvética.

As ilustrações gráficas, fotográficas e fotomicrográficas serão numeradas sequencialmente, na ordem de sua citação no texto e consideradas, mesmo pranchas, indiscriminadamente como Figuras. Deverão ser separadas do texto por uma linha. Não serão aceitos encartes. Fotografias de afloramentos deverão apresentar barra de escala e indicação do norte.

Letreiros e símbolos das ilustrações devem ter dimensões adequadas para permitir legibilidade. **As ilustrações** deverão ter **larguras** mínimas de **9** ou **18** centímetros (permitir diagramação em uma ou duas colunas). Explicar todos os símbolos. Escalas gráficas, se necessárias, devem ser colocadas dentro da área das ilustrações.

As **Tabelas** devem ser auto-explicativas, com as laterais abertas, concisas e numeradas seqüencialmente. Devem ser elaboradas em Times New Roman, corpo 9. As legendas das ilustrações deverão ser redigidas com a mesma fonte do texto e corpo.

Formato das Figuras: Só serão aceitas figuras .tif, devendo ter **resolução mínima de 300dpi**, com tamanhos largura de 8,7 cm ou de 17,7, com comprimento máximo de 21 cm.

Fórmulas e Equações: Numerar as fórmulas e equações seqüencialmente à direita, com números arábicos entre parênteses e, no texto, referir como “equação (1)”, etc.

Citações no corpo do texto: Deve-se seguir os formatos do seguinte exemplo: ...”Cunha (1985) interpreta a feição como uma estrutura de resfriamento magmático precoce, mas outros (Lima 1986, Fonseca **et al.** 1989, Ferreira & Araújo 1994) como uma feição tardia”.

Referências: Relatórios internos são serão aceitos nas referências, com excessão daqueles que são amplamente difundidos na comunidade científica e autorizados pelos consultores **ad hoc**. As referências deverão ser feitas em Times New Roman, corpo 10. Ao final do texto, ordenar as referências em ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, empregando os seguintes formatos:

LIVROS:

Arndt N.T. & Nisbet E.G. (Eds.) 1982. **Komatiites**. George Allen & Unwin, London, 526 pp.

CAPÍTULOS DE LIVROS:

Pollack H.N. 1997. Thermal characteristics of the Archean. **In:** M. de Wit & L.D. Ashwal (eds.) **Greenstone belts**. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 25, Oxford University Press, p.: 223-232.

ARTIGOS DE PERIÓDICOS:

Resende M.G. & Jost H. 1995. Petrogênese de formações ferríferas e metahidrotermalitos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos (Arqueano), Goiás. **Rev.Bras. Geoc.**, 25:41-50.

Resende M.G., Jost H., Osborne G.A., Mol A. 1998. The stratigraphy of the Goiás and Faina greenstone belts, Central Brazil: a new proposal. **Rev. Bras. Geoc.**, 28:1-15.

Sabóia L. A. 1979. Os **greenstone belts** de Crixás e Goiás, Go. **In:** SBG, Núcleo Centro-Oeste, **Boletim Informativo**, 9:44-72.

ARTIGOS EM PUBLICAÇÕES SERIADAS:

Barbosa O., Braun O.P.G., Dyer R.C., Cunha C.A.B.R. 1970. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, Boletim 136, 140 p.

TESES E DISSERTAÇÕES:

Resende L. 1995. Estratigrafia, petrografia e geoquímica da seqüência sedimentar do greenstone Belt de Pilar de Goiás, GO. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 124 p.

ARTIGOS PUBLICADOS EM EVENTOS:

Tassinari C.C.G., Siga Jr. O, Teixeira W. 1981. Panorama geocronológico do centro-oeste brasileiro: solução, problemática e sugestões. **In:** SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste,1, **Atas**, p. 175.

ARTIGOS EM JORNAL:

Coutinho W.O. 1985. O Paço da cidade retorna ao seu brilho barroco. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 6 mar. Caderno B, p.6.

ARTIGOS AINDA NÃO PUBLICADOS:

Silva R.C. (em preparação). Tectônica na região do Alto Iguaçu-PR. Pereira E.W. (submetido). Evolução geológica da faixa de dobramentos Açungui. *Revista Brasileira de Geociências*. Silva R.C. (no prelo). Tectônica na região do Alto Iguaçu-PR. *Revista Brasileira de Geociências* (Aceito ainda sem data de publicação).

FOTOGRAFIAS AÉREAS:

IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO 1986. (São Paulo). Projeto Lins Tupã. Foto aérea. Escala 1:25.000, São Paulo, Fx28, n. 15.

FOLHAS E MAPAS IMPRESSOS:

INPE - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS 1987. São José dos Campos (SP): atualização do uso da terra. SF-23-Y-D-II-1 MI-2769/1. São José dos Campos, Mapa Topográfico, escala 1:100.000. Silva A.J. 1999. Mapa geológico da Bacia de Campos. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1 mapa geológico, escala 1:50.000.

SÓCIOS PATROCINADORES DA ABGE

