

Pedro Mallmann

**Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa no
Bairro Nova Esperança (Blumenau/SC).**

Florianópolis

2018

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Curso de Graduação em Geologia



Pedro Mallmann

**Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa no
bairro Nova Esperança (Blumenau/SC).**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geologia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Profa. Dra. Liliana Sayuri Osako

Coorientador: Prof. Dr. Marivaldo dos Santos Nascimento

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra:

Mallmann, Pedro
Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos
Gravitacionais de Massa no bairro Nova Esperança
(Blumenau/SC) / Pedro Mallmann ; orientadora, Liliana
Sayuri Osako, coorientador, Marivaldo dos Santos
Nascimento, 2018.
82 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geologia,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

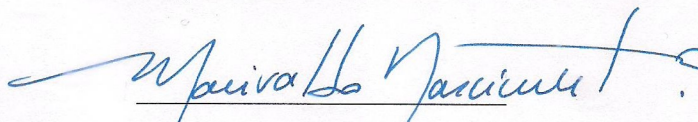
1. Geologia. 2. Geologia. 3. Suscetibilidade. 4.
Movimentos de massa. 5. SIG. I. Osako, Liliana Sayuri. II.
Nascimento, Marivaldo dos Santos. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Geologia. IV. Título.

Pedro Mallmann

**Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa no
bairro Nova Esperança (Blumenau/SC).**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
"Geólogo" e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Geologia.

Florianópolis, 20 de novembro de 2018.



Prof. Marivaldo Nascimento, Dr.
Coordenador do Curso

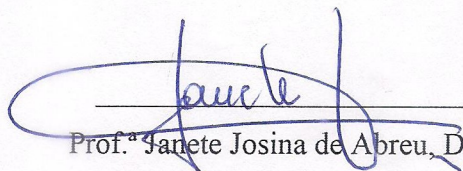
Banca Examinadora:



Prof.^a Liliana Sayuri Osako, Dr.^a

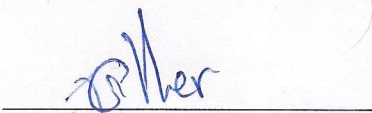
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.^a Janete Josina de Abreu, Dr.^a

Universidade Federal de Santa Catarina



João Ricardo Goulart Eller, Msc.

Caruso Jr. Estudos Ambientais e Engenharia

Este trabalho é dedicado aos moradores da área de estudo, localizada nos bairros Nova Esperança e Tribess, em Blumenau/SC.

AGRADECIMENTOS

Muito obrigado a todos que me ajudaram na elaboração deste trabalho, que representa o final de um ciclo de aprendizado muito proveitoso em minha vida. Agradeço especialmente ao meu pai e minha mãe pelo constante apoio em trilhar os caminhos pedregosos da Geologia. Aos meus irmãos Vicente e Eddy pela parceria e pelo apoio nas etapas de campo, tanto na logística quanto no mapeamento. Aos meus avós Vilma e Léo sempre tão queridos, à tia Déia, Diego, Rebeca e Rafa que sempre contribuem para fazer nossas vidas mais alegres, à Dora que sempre fez muito por nós e está guardada nos nossos corações.

Aos meus amigos, amigas e colegas de rocha que contribuíram com a minha formação, cada um à sua maneira, em especial ao Luis pela participação em uma das etapas de campo. À minha orientadora Liliana, que sempre esteve presente e disposta a me ajudar, e ao meu coorientador Marivaldo por sua participação em campo e nas discussões posteriores. E também aos meus colegas de trabalho por compartilharem todo o conhecimento que possuem em análises de suscetibilidade e em geoprocessamento.

Agradeço também à Universidade Federal de Santa Catarina, que durante a graduação no oferece suas instalações e benefícios, a todos os professores que me acompanharam e ensinaram tanto! Aos integrantes da Diretoria de Geologia da Secretaria de Defesa Civil da Prefeitura de Blumenau, que me receberam para uma reunião ainda na fase de projeto e contribuíram com ideias e críticas que me foram muito construtivas para a realização deste mapeamento.

A todos os envolvidos, muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado da análise da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa do Bairro Nova Esperança, em Blumenau/SC. Tal análise baseou-se em um método guiado pelo conhecimento dos dados (*knowledge driven*) e na identificação de fatores predisponentes de movimentos de massa. Às classes de cada fator foram atribuídos pesos utilizando a lógica *fuzzy*, e o cruzamento destes fatores através da Álgebra de Mapas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) resultou na obtenção do Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos (ISD) para cada *pixel* da área de estudo, com resolução de 5x5m. A validação da análise foi realizada com os dados do inventário de deslizamentos da Prefeitura de Blumenau. Os seguintes fatores foram considerados na análise: litologia, declividade, curvatura das encostas, distância dos cursos d'água e distância das áreas urbanizadas. Foi realizado o mapeamento geológico da área em escala 1:10.000 para subsidiar a análise de suscetibilidade, sendo identificadas litologias do Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC) e da Bacia do Itajaí (BI). O CGSC é constituído por biotita ortognaisses com foliação subvertical em direções variadas, e a BI por conglomerados, arenitos grossos a finos e siltitos. As rochas sedimentares da BI mergulham em média 15° para o sentido Az 153, e as fraturas são subverticais com duas direções principais: N45E e N30W. O contato entre o embasamento e a bacia ocorre na porção NW da área de estudo e apresenta uma mudança abrupta no relevo. A declividade média do relevo no CGSC é de 13°, enquanto na BI varia de 19 a 25,7°. Em relação à curvatura das encostas predominam as formas retilíneas, que representam cerca de 50% da área de estudo. Os principais cursos d'água da área encontram-se encaixados em estruturas geológicas, o que aumenta a suscetibilidade das encostas aos movimentos de massa. Observou-se que 85% dos pontos de deslizamentos do inventário estão localizados a menos de 50m de áreas urbanizadas, o que indica que a incidência de movimentos de massa é maior nas áreas urbanizadas (que ocupam apenas 30% da área total) do que em áreas naturais. A suscetibilidade foi categorizada em cinco classes: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Os resultados mostram que a suscetibilidade é menor nas áreas de ocorrência do arenito fino, e maior nas áreas onde ocorrem conglomerados, arenitos grossos e gnaisses. É notável a grande quantidade de deslizamentos registrados no inventário nas áreas próximas ao contato entre a BI e o CGSC. Foi constatado ainda que 69% dos pontos do inventário de deslizamentos estão contidos nas classes de alta ou muito alta suscetibilidade, mesmo que estas classes juntas representem apenas pouco mais de um terço da área (26,4% e 8,8%, respectivamente). Após a elaboração do mapa final de suscetibilidade, foram identificadas as três áreas mais críticas do Bairro Nova Esperança, onde ações preventivas por parte do poder público poderiam ter grandes impactos positivos na vida e na segurança dos moradores.

Palavras-chave: Geologia. Suscetibilidade. Movimentos de massa. SIG. Desastres naturais.

ABSTRACT

The aim of the present study is to assess the landslide susceptibility at the Nova Esperança district in Blumenau/SC, using a knowledge driven method. Five predisposing factors were chosen and fuzzy weights were given to the classes of each factor. These factors composed the landslide susceptibility model created in GIS environment through the use of map algebra which resulted in the Landslide Susceptibility Index (LSI) for every pixel of the study area, with a 5x5m cell. A landslide inventory was used to validate the model. The predisposing factors chosen to compose the analysis were: lithology, slope angle, slope shape, distance to hydrographic network and distance to urban areas. A geologic mapping (1:10.000) of the area was done to subsidize the analysis, being identified two units: the Santa Catarina Granulite Complex (SCGC), and the Itajaí Basin (IB). The rocks at the SCGC are mainly biotite-orthogneiss and shows a subvertical foliation which varies in direction; on the other hand the IB rocks are conglomerates, coarse to fine sandstones and siltites, which dip 15° to Az 153 (average) and are fractured by two main sets of subvertical fractures oriented to N45E and N30W. The contact between these two units occurs on the NW portion of the study area and causes an abrupt change in the angle of the slopes. At the SCGC the mean slope angle is 13° whilst at the IB the mean slope angle varies from 19° to 25,7°. Regarding the slope shape, rectilinear forms predominate, and represent around 50% of the area. The water streams in the area are controlled by geologic structures which increase the landslide susceptibility of the areas around them. It was noticed that 85% of the landslide inventory points are located within a 50m radius from urban areas (which represent only 30% of the total area), indicating these areas are more susceptible to landslides than natural areas. In the final map, the susceptibility was classified in five classes: very high, high, moderate, low and very low. The results show that the susceptibility is lower where fine sandstones occur and higher where conglomerates, coarse sandstones and gneisses occur. There are a great number of landslides registered near the contact between the SCGC and the IB, in the NW part of the study area. Analysing the final results, 69% of the inventory points are within the classes of high or very high susceptibility, even though these classes together represent only one third of the study area (26,4% and 8,8%, respectively). Once the final susceptibility map was obtained, three areas were chosen as the most critical ones in the Nova Esperança neighbourhood, where preventive programs could have a great impact on people's lives and their safety.

Keywords: Geology. Susceptibility. Mass Wasting. GIS. Natural Disasters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo, no município de Blumenau/SC. Fonte: Elaborado pelo autor.	18
Figura 2: Mapa climático de Santa Catarina. No oeste e leste de Santa Catarina atua o clima subtropical, enquanto no planalto catarinense ocorre o clima temperado. Fonte: Atlas Climatológico de Santa Catarina (PANDOLFO <i>et al</i> , 2002).	19
Figura 3: Precipitação média mensal na estação meteorológica de Indaial. Fonte: Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).	20
Figura 4: Temperaturas máximas médias mensais. Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).	20
Figura 5: Temperaturas mínimas médias mensais. Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).	21
Figura 6: Mapa geomorfológico da área de estudo. Fonte: modificado de IBGE (2004), escala 1:250.000.	22
Figura 7: Contexto geotectônico da região onde está localizada a área de estudo. Fonte: modificado de Basei <i>et al.</i> , 2011.	25
Figura 8: Mapa Geológico da área de estudo. A Fm. Gaspar (CPRM, 2014, em marrom) corresponde à Fm. Baú de Basei <i>et al</i> , 2011. Fonte: modificado de CPRM (2014).	26
Figura 9: Esquema de queda de blocos. Fonte: IGC-USP.	33
Figura 10: Deslizamento de terra no Morro do Baú/SC. Fonte: IPT, 2008.	34
Figura 11: Esquema de deslizamento rotacional. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.	35
Figura 12: Esquema de deslizamento translacional. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.	36
Figura 13: esquema de deslizamento em cunha. Fonte: Tominaga <i>et al</i> (2009).	36
Figura 14: Esquema de fluxo de detritos. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.	37
Figura 15: marcas de rastejo em uma encosta. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.	38
Figura 16: Localização da zona de elementos expostos. Modificado de CPRM & IPT (2014).	39
Figura 17: Fluxograma do método de trabalho. Elaborado pelo autor.	45
Figura 18: Mapa dos 50 pontos descritos no mapeamento geológico. Elaborado pelo autor. .	50
Figura 19: Coluna estratigráfica da área de estudo. Elaborado pelo autor.	51

Figura 20: à esquerda, afloramento de gnaiss leucocrático, com foliação vertical evidente; à direita, detalhe do aspecto da rocha, com feldspatos alongados marcando a foliação (PNE025).....	52
Figura 21: à esquerda, aspecto do conglomerado não alterado, com estrutura maciça (PNE050); à direita, amostra de conglomerado muito alterado, com clasto argilizado (branco) (PNE044).....	53
Figura 22: à esquerda, arenito grosso com nível conglomerático (PNE033); à direita, lente de conglomerado em meio a camadas de arenito médio a grosso (PNE007).....	53
Figura 23: à esquerda, vista de um deslizamento em um talude artificial composto de arenito grosso, ao lado de uma casa (PNE001); à direita, amostra de arenito grosso (PNE010).....	54
Figura 24: à esquerda, afloramento de arenito médio a fino, com estratificação cruzada de baixo ângulo; à direita, detalhe do arenito fino, bordô (PNE024).....	55
Figura 25: à esquerda, afloramento de siltito, com intercalações de arenito fino. Notar a proximidade do talude com a casa do lado direito e a grande inclinação do mesmo. À direita, detalhe do siltito avermelhado laminado (PNE034).....	55
Figura 26: seções estratigráficas esquemáticas dos pontos PNE003, 033 e 037. Elaborado pelo autor.....	56
Figura 27: seção geológica esquemática mostrando a relação de contato entre o embasamento e as rochas da bacia. Exagero vertical 2x. Elaborado pelo autor.	57
Figura 28: à esquerda, estereograma com os planos de acamamento (linhas cinza) e os polos, mostrando a predominância de mergulhos suaves; à direita, diagrama de roseta que mostra o predomínio de mergulhos para SE (média = Az 157). Elaborado pelo autor.....	58
Figura 29: à esquerda, estereograma com os polos dos planos de fratura, mostrando a predominância de planos subverticais; à direita, diagrama de roseta que mostra a existência de quatro famílias de fraturas. Elaborado pelo autor.	59
Figura 30: Geologia da área de estudo. A seção A-A' está representada na Figura 27. Elaborado pelo autor sobre base geológica em escala 1:10.000 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).	60
Figura 31: declividade na área de estudo. Percebe-se que na porção NW da área de estudo a declividade é baixa, e coincide com a área de ocorrência dos gnaisses. Fonte: elaborado a partir de dados da SDS (2012).....	61
Figura 32: Curvatura das encostas na área de estudo. Elaborado pelo autor a partir de dados da SDS.....	62

Figura 33: Lineamentos estruturais da área de estudo, traçados em escala 1:50.000 sobre MDT (SDS, 2012) sombreado da direção Az315 com inclinação de 50°. Elaborado pelo autor	63
Figura 34: Lineamentos estruturais da área de estudo, traçados em escala 1:10.000 sobre MDT (SDS, 2012) sombreado da direção Az315 com inclinação de 50°. Elaborado pelo autor	64
Figura 35: Mapa de distância das drenagens. Elaborado pelo autor a partir da hidrografia em escala 1:10.000 (SDS, 2012).	65
Figura 36: usos do solo na área de estudo. Elaborado pelo autor (2018).	66
Figura 37: à esquerda, área antropizada, recoberta no topo por vegetação arbórea; à direita, área urbanizada.	67
Figura 38: Mapa de distância das áreas urbanizadas ou antropizadas, com os 151 pontos do inventário de movimentos de massa compilado até o ano de 2008. Elaborado pelo autor.	68
Figura 39: área de estudo com os 10 pontos de deslizamentos ou cicatrizes observadas em campo, e com os pontos do inventário de MGM (BLUMENAU, 2008).	69
Figura 40: a) PNE001 - deslizamento translacional, observar a superfície de ruptura plana; b) PNE002 - deslizamento translacional próximo a casas; c) PNE030 - deslizamento em cunha condicionado por fraturas de direção N-S e NE-SW; d) PNE001 - rastejo em taludes artificiais, protegidos da chuva por lonas.	70
Figura 41: Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos na área de estudo. Observar a aderência dos pontos do inventário com as classes de alta e muito alta suscetibilidade. Elaborado pelo autor.	71
Figura 42: Áreas mais críticas identificadas na área de estudo. (1) Abrange a rua José dos Santos Soares, onde predominam conglomerados; (2) Abrange a rua Henrique Reif, onde predominam conglomerados e siltitos; (3) Abrange as ruas 22 de Junho e a rua Selma Maria Reinert, onde predominam arenitos grossos. As três áreas apresentam baixo padrão construtivo. Elaborado pelo autor.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: fatores predisponentes e tipos de método utilizados por autores diversos na análise de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Outros fatores menos comuns são: sentido e ângulo de mergulho de estruturas (acamamento, foliação), densidade de lineamentos e cobertura vegetal. Elaborado pelo autor.	43
Tabela 2: fatores predisponentes e os pesos atribuídos a cada classe, no caso de fatores categóricos, ou as condições a serem utilizadas na fuzzyficação dos dados (elaborada pelo autor).....	48
Tabela 3: área ocupada por cada classe de curvatura na área de estudo e suas porcentagens em relação ao total. Elaborado pelo autor.	62
Tabela 4: Áreas ocupadas por cada classe de uso do solo e suas respectivas porcentagens em relação à área total Elaborado pelo autor.....	66
Tabela 5: Classes do fator distância das áreas urbanizadas/ antropizadas, suas áreas (ha e %), e quantidade de pontos por classe e suas porcentagens em relação ao total de pontos. Elaborado pelo autor utilizando dados do Inventário de Deslizamentos (BLUMENAU, 2008).....	68
Tabela 6: Área ocupada por cada classe de suscetibilidade e quantidades de pontos e suas porcentagens em cada classe de suscetibilidade. Elaborado pelo autor.	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa.....	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.1	Localização e Acessos.....	17
2.2	Clima	18
2.3	Geomorfologia.....	21
2.4	Pedologia.....	22
2.5	Hidrografia	23
2.5.1	Sub-bacia do Itajaí.....	23
3	CONTEXTO GEOLÓGICO	24
3.1	Complexo Granulítico de Santa Catarina.....	26
3.2	Bacia do Itajaí.....	27
3.2.1	Geologia Estrutural na Bacia do Itajaí	31
4	MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....	32
4.1	Classificação de Movimentos Gravitacionais de Massa	32
4.1.1	Quedas	32
4.1.2	Escorregamentos/Deslizamentos.....	33
4.1.2.1	Rotacional.....	34
4.1.2.2	Translacional	35
4.1.2.3	Em cunha.....	36
4.1.3	Fluxo de detritos.....	37
4.1.4	Rastejo.....	37
5	SUSCETIBILIDADE, PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO	38

6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
6.1	Materiais.....	40
6.2	Métodos.....	41
6.2.1	Método de modelagem, análise e armazenamento de dados geográficos.....	41
6.2.1.1	Fatores predisponentes.....	45
6.2.1.2	Pesos dos Fatores.....	46
6.2.1.3	Banco de dados geográfico e análise espacial dos dados.....	49
7	RESULTADOS.....	49
7.1	Mapeamento Geológico.....	49
7.1.1	Complexo Granulítico de Santa Catarina.....	51
7.1.2	Grupo Itajaí.....	52
7.1.3	Sedimentos Quaternários.....	56
7.1.4	Geologia Estrutural.....	56
7.1.5	Mapa Geológico.....	60
7.2	Mapa de Declividade.....	60
7.3	Curvatura das encostas.....	61
7.4	Lineamentos.....	63
7.5	Distância das Drenagens.....	64
7.6	Mapa de Usos do Solo.....	65
7.6.1	Distância das Áreas Urbanizadas/Antropizadas.....	67
7.7	Deslizamentos Observados em Campo.....	69
7.8	Mapa de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa.....	70
8	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	73
9	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

Movimentos gravitacionais de massa (MGM) são eventos naturais ou induzidos que ocorrem geralmente em encostas, e fazem parte da dinâmica superficial de evolução da paisagem. Esses processos moldam o relevo ao longo do tempo, transportando o material de áreas fonte para as partes mais baixas, próximas à linha de base de sedimentação das bacias onde ocorrem tais movimentos (BIGARELLA *et al.*, 1996). Podem ser classificados em diversos tipos de movimentos como deslizamentos, tombamento de blocos, rastejo e corridas de detritos (AUGUSTO FILHO, 1994).

Nas áreas urbanas, os MGM causam transtornos à população, pois danificam a infraestrutura dos municípios, podem causar a interrupção dos serviços de abastecimento de água e energia elétrica, provocam danos materiais aos atingidos e podem ainda ocasionar a perda de vidas (AUGUSTO FILHO, 1994). Na região do Vale do Itajaí/SC, eventos extremos de pluviosidade resultaram na deflagração de MGM em diversas áreas entre os anos de 1995 a 2014, e causaram a morte de centenas de pessoas, a maioria por soterramento. Vários municípios decretaram estado de emergência, e precisaram de recursos externos para contornar a situação, segundo o Relatório dos Danos de 1995 a 2014 (CEPED/UFSC, 2016).

No planejamento urbano dos municípios brasileiros (especialmente aqueles afetados por desastres) utilizam-se cada vez mais as cartas de suscetibilidade ao risco geológico. O Serviço Geológico do Brasil (antiga Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM) atua na produção destas cartas em escala 1:25.000 ou 1:50.000, incentivado por políticas públicas como a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012).

Trabalhos pioneiros na análise da susceptibilidade a movimentos de massa foram conduzidos por diversos autores desde meados do século XIX (HITCHCOCK, 1885; CROSS, 1886). A partir dos anos 1950 cresceu o número de trabalhos científicos nessa área, com enfoque maior na relação entre MGM e obras de engenharia, como rodovias e estradas (BENSON, 1946; TERZAGHI, 1950). Atualmente, existem numerosas publicações que tratam do assunto nas mais diversas localidades e regiões do mundo, com metodologias variadas que permitem ao pesquisador avaliar a suscetibilidade aos MGM de acordo com as especificidades de cada região.

Os métodos que utilizam Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e geoprocessamento para gerar mapas de suscetibilidade tornaram-se muito populares entre os pesquisadores desde o final do século XX. Isto porque estes métodos possibilitaram o

mapeamento da suscetibilidade para grandes áreas através do cruzamento de alguns fatores, como litologia, declividade, curvatura das encostas, entre outros, e também podem ser utilizados para mapear outros aspectos do meio analisado, como a vulnerabilidade de aquíferos à contaminação (NANNI *et al*, 2005) ou a vulnerabilidade dos solos à erosão (RIOS, 2011). Os SIG permitem a visualização e tratamento de grandes volumes de dados geográficos, e também a realização de interpolações e análises espaciais diversas. Porém Lana (2015) salienta a importância da validação em campo de cartas de suscetibilidade a deslizamentos geradas por geoprocessamento, pois alguns aspectos das bases de dados utilizadas (como a escala e precisão cartográfica dos Modelos Digitais de Terreno) podem influenciar os resultados do mapeamento.

A área de estudo está localizada na porção central do município de Blumenau/SC, no bairro Nova Esperança, onde grande parte das residências está em áreas próximas a encostas naturais ou taludes artificiais. Foi realizado o mapeamento da suscetibilidade a MGM (induzidos e naturais) desta área utilizando métodos de modelagem em SIG e levantamento de dados em campo.

A região abrange a zona de contato entre as rochas metamórficas da Microplaca Luís Alves e as rochas sedimentares da Bacia do Itajaí, o que confere à área uma rica diversidade litológica e um forte controle estrutural do relevo (IGLESIAS *et al*, 2011).

Na região do Vale do Itajaí, as rochas são capeadas por espessos mantos de intemperismo, devido principalmente ao clima úmido e quente da região (POTTER *et al*, 2004). Quando associados a encostas íngremes e fortes chuvas, os solos ali presentes podem não aguentar as tensões aplicadas sobre os maciços e sofrer rupturas.

1.1 Justificativa

Estima-se que para cada R\$1,00 gasto com prevenção de desastres naturais (mapeamentos de risco, obras de contenção, políticas públicas) economiza-se entre R\$25,00 e R\$30,00 com a reconstrução das localidades atingidas por desastres (KOBAYAMA *et al*, 2006). No Brasil, mais de 70% das mortes em desastres naturais foram causadas por movimentos de massa, no período de 1991-2010. Além disso, a expansão da urbanização e as mudanças climáticas globais podem aumentar a severidade de desastres naturais no Brasil nos próximos anos (DEBORTOLI *et al*, 2017).

A realização deste mapeamento de suscetibilidade a MGM em escala de detalhe irá auxiliar na identificação de setores críticos na área de estudo, que já apresenta uma

urbanização desordenada, com moradias em sua maioria de baixo padrão, relevo bastante acentuado e um farto histórico de deslizamentos (BLUMENAU, 2008).

Desta forma, este trabalho entra no âmbito da prevenção de desastres na área de estudo, e utiliza uma metodologia que pode ser utilizada para outras áreas e que apresenta um baixo custo para sua execução.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar as áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa no bairro Nova Esperança, em Blumenau.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os fatores predisponentes a serem utilizados na análise;
- Realizar o mapeamento geológico da área, em escala 1:10.000;
- Analisar cada um dos fatores predisponentes em relação à suscetibilidade a movimentos de massa, em escala 1:10.000; e
- Atribuir pesos aos fatores e às respectivas classes;

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situada em Blumenau/SC, a área onde foi desenvolvida a pesquisa tem um relevo bastante acentuado, com muitas residências localizadas em áreas de risco a MGM. O clima é subtropical (PANDOLFO et al, 2002), e o período mais chuvoso compreende os meses setembro a janeiro. As formas de relevo predominantes na área são morros de até 300m de altitude com topos convexos, e as planícies fluviais. Os solos variam de acordo com a natureza do substrato geológico, de argilosos a arenosos. A rede hidrográfica da região é abundante e na maioria dos casos encontra-se encaixada em estruturas geológicas.

2.1 Localização e Acessos

A área de estudo está localizada no município de Blumenau/SC, e abrange partes dos bairros Nova Esperança e Tribess (Figura 1), em uma área parcialmente urbanizada, e que onde em alguns locais as construções são precárias. A urbanização é predominantemente

residencial, e também conta com alguns pontos de comércio de bens e alimentos, conforme verificado durante os trabalhos de campo.

O acesso à área de estudo se dá pela BR-470, que liga a cidade de Navegantes/SC a Blumenau/SC, e as principais vias locais são: a Rua Henrique Reif, a Rua Julio Michel, a Rua Fritz Spernau e a Rua Hermann Tribess.

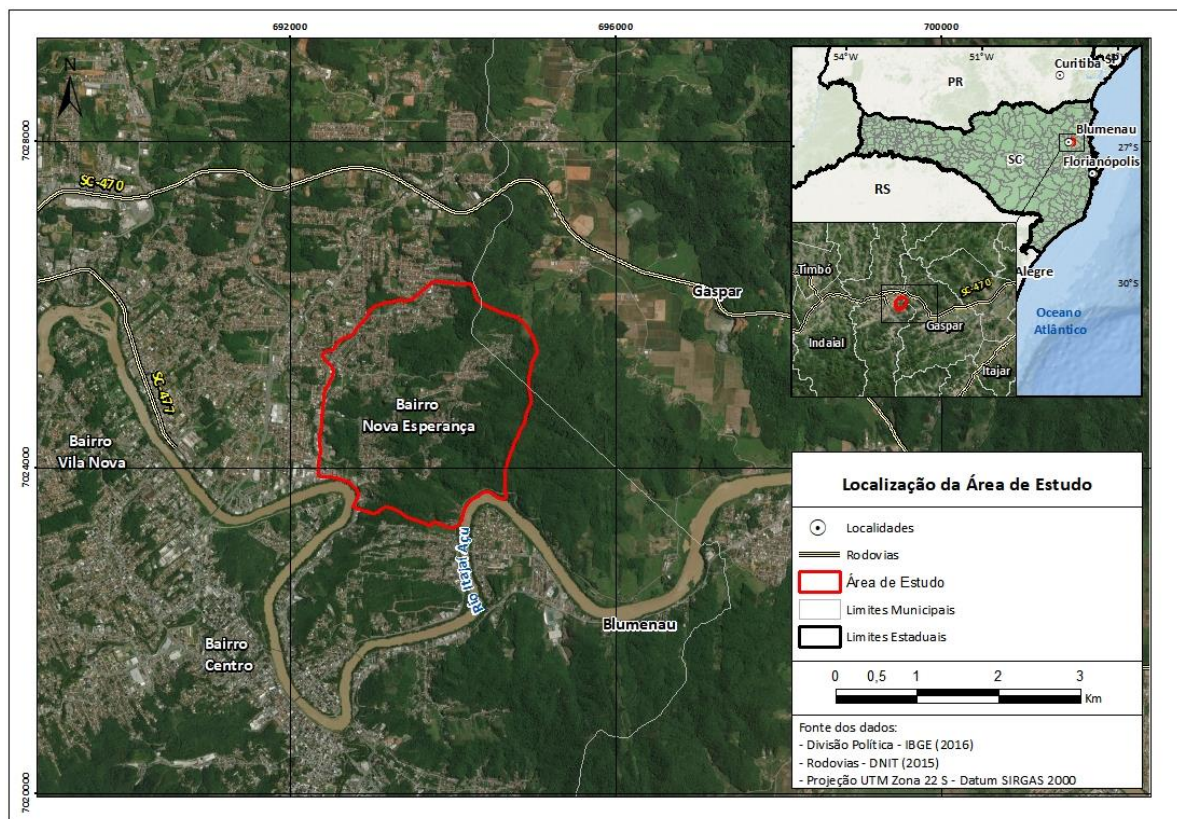


Figura 1: Localização da área de estudo, no município de Blumenau/SC. Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Clima

O clima corresponde ao comportamento da atmosfera ao longo de um intervalo de trinta anos em um determinado ponto de superfície terrestre, conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2015). Ayoade (1996) define a meteorologia como o estudo da interação entre atmosfera e superfície terrestre, sendo esta definição apresentada em uma escala de tempo menor.

O estado de Santa Catarina apresenta distribuição pluviométrica regular durante o ano, e não apresenta uma estação seca, como ocorre em outras regiões do país. Os principais sistemas meteorológicos atuantes no estado são as frentes frias, os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção subtropical, a circulação marítima e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que são responsáveis pelas chuvas (MONTEIRO,

2001). Além destes, outros fenômenos de mesoescala, como o El Niño e a La Niña influenciam os índices pluviométricos no estado, e podem causar precipitações concentradas ou períodos de estiagem (CAVALCANTI *et al*, 2009).

A área de estudo está localizada no município de Blumenau, Vale do Itajaí, situado no nordeste de Santa Catarina. Segundo a classificação climática do IBGE (2002), o clima na área é temperado, caracterizado por temperaturas médias entre 15°C e 24°C durante o ano. Na área de estudo, localizada no município de Blumenau/SC, o subtipo climático é o Mesotérmico úmido e verão quente (Figura 2), com estações bem definidas e sem estação seca (PANDOLFO *et al*, 2002).

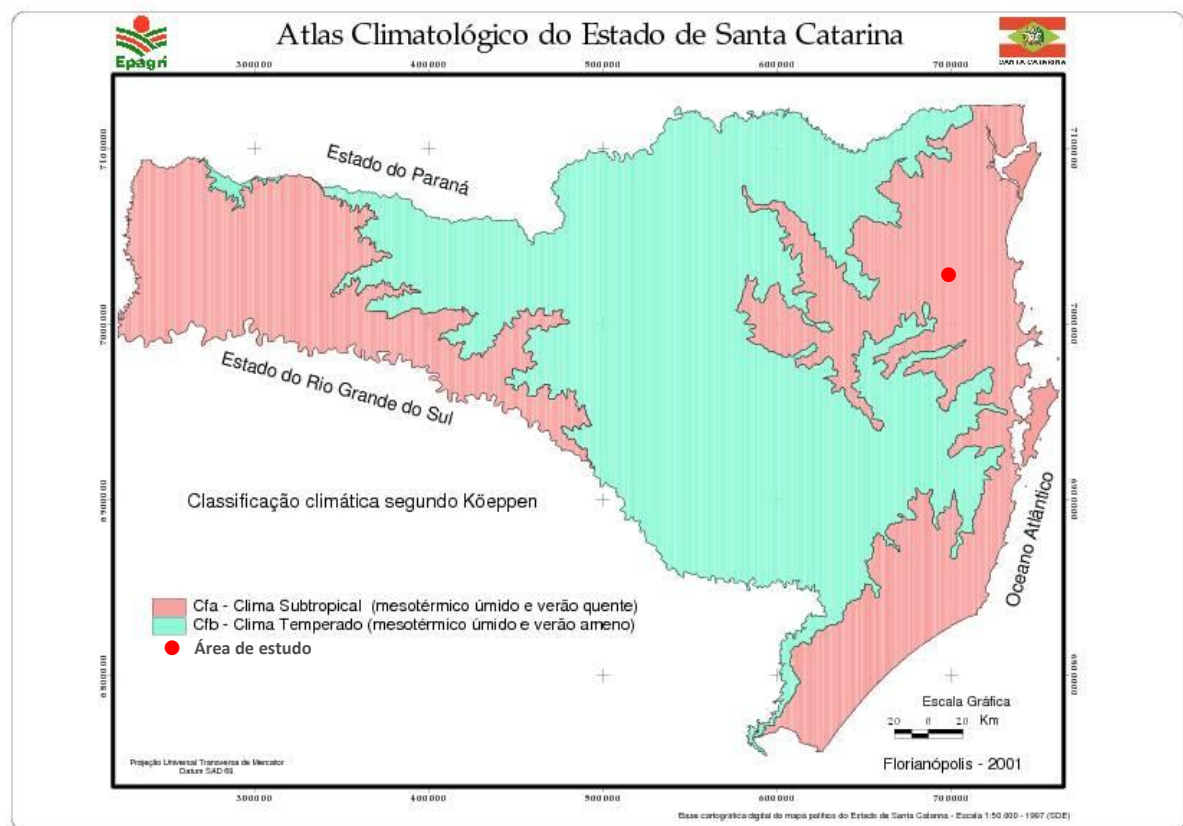


Figura 2: Mapa climático de Santa Catarina. No oeste e leste de Santa Catarina atua o clima subtropical, enquanto no planalto catarinense ocorre o clima temperado. Fonte: Atlas Climatológico de Santa Catarina (PANDOLFO *et al*, 2002).

Neste trabalho foram utilizados dados da estação automática de Indaial e foram incluídos também os dados da estação de Florianópolis, a título de comparação. Ambas as estações são operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – Normais Meteorológicas 1981-2010).

A precipitação média anual na estação de Indaial, localizada a cerca de 20km da área de estudo, é de 1737mm. O período mais chuvoso vai de setembro a fevereiro, enquanto nos meses de março a agosto são registrados os menores índices pluviométricos (Figura 3).

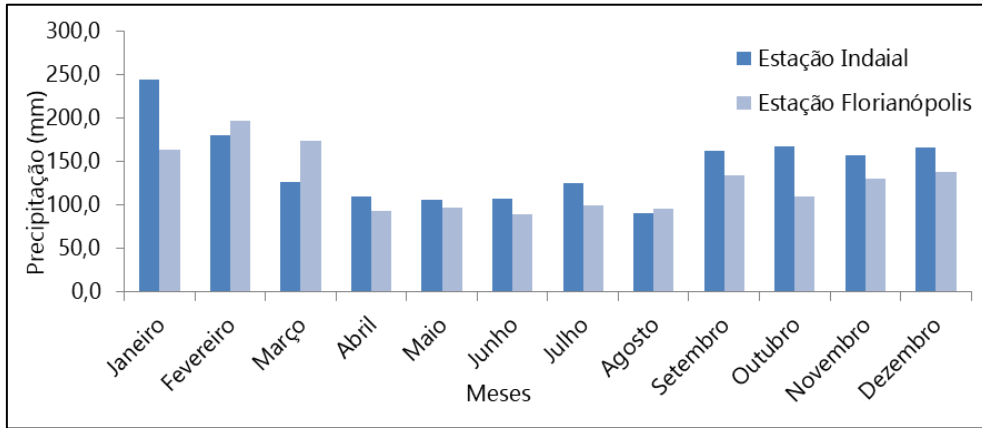


Figura 3: Precipitação média mensal na estação meteorológica de Indaial. Fonte: Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).

A Figura 4 apresenta as oscilações das médias de temperaturas máximas mensais correspondentes às normais climatológicas. Dessa forma, verificou-se que as maiores temperaturas máximas médias foram registradas no mês de fevereiro para as duas estações analisadas (31,3°C em Indaial e 28,4°C em Florianópolis).

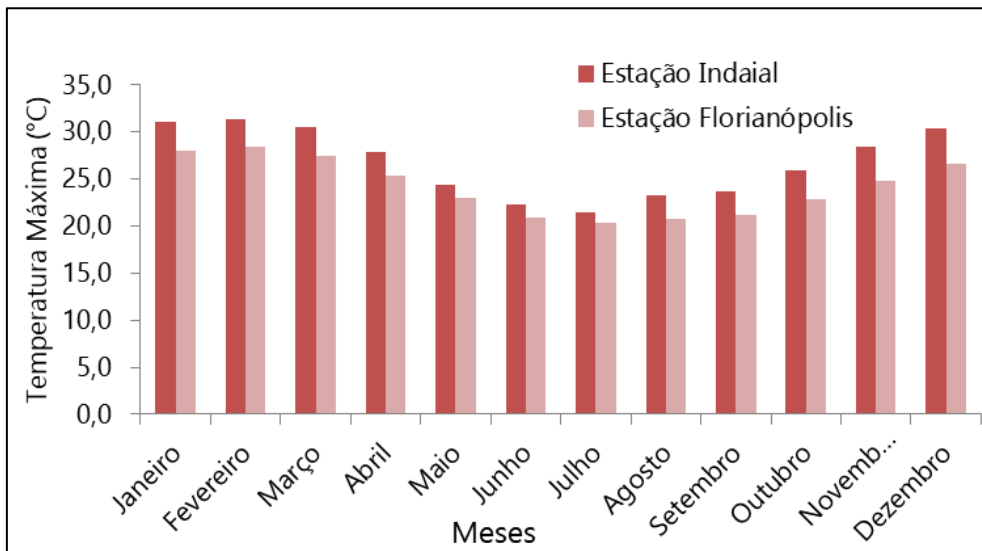


Figura 4: Temperaturas máximas médias mensais. Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).

As temperaturas mínimas médias (Figura 5) estão relacionadas com os mecanismos atmosféricos de alta pressão que se instalam na região, principalmente nas estações de

outono-inverno (maio a setembro). A temperatura mínima média anual na estação de Indaial foi de 16,8°C. No que tange à temperatura mínima média mensal, foi registrado o valor de 12,2°C, correspondente ao mês de julho.

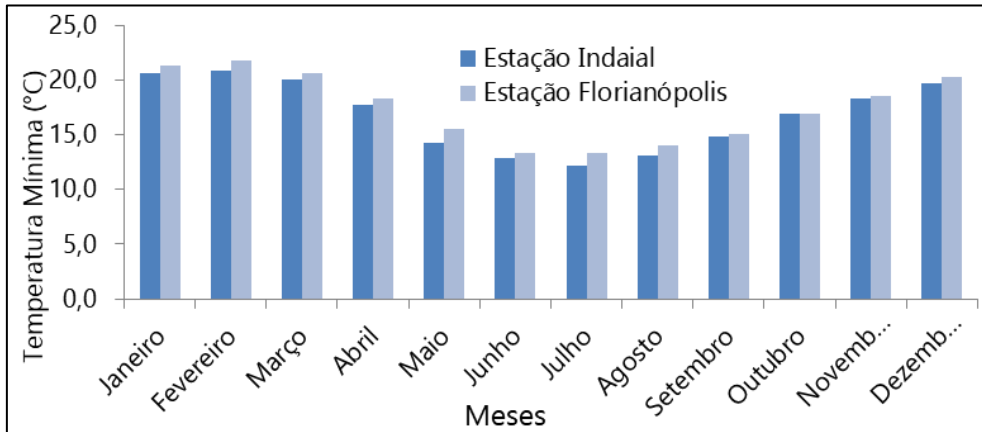


Figura 5: Temperaturas mínimas médias mensais. Elaborado a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010).

2.3 Geomorfologia

Segundo Casseti (2005), a geomorfologia é considerada um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais que esculturam as formas da superfície.

A área de estudo está contida em duas unidades morfoestruturais, segundo o IBGE (2004). A unidade Embasamento em Estilos Complexos é representada na área pelo relevo formado a partir das rochas da Microplaca Luis Alves, enquanto a unidade Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados é composta pelas rochas da Bacia do Itajaí.

As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo (Figura 6) são as Serras Cristalinas Litorâneas e as Serranias do Alto e Médio Itajaí-Açu. Nestas unidades, são observados dois tipos de modelados: os modelados de acumulação (Terraço Fluvial - Atf) e os modelados de dissecação (Diferencial - Dc32). Segue abaixo a descrição de tais modelados de relevo, segundo o IBGE (2004).

Terraço Fluvial (Atf): acumulação fluvial de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às mudanças de condições de escoamento e consequente retomada de erosão.

Modelado de Dissecação Diferencial (Dc32): dissecação marcada por controle estrutural, com topos convexos, em geral esculpidos em rochas cristalinas e eventualmente

também em rochas sedimentares. São entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.

Ambos modelados ocorrem nas duas unidades geomorfológicas presentes na área de estudo. Entretanto, é importante ressaltar que, no caso do modelado de dissecação descrito acima, observou-se durante as atividades de campo que na unidade das Serras Cristalinas Litorâneas o relevo encontra-se muito mais dissecado que na unidade das Coberturas Molassóides e Vulcanitos Associados, sendo que a primeira apresenta altitudes menores e relevo suave ondulado, enquanto na segunda unidade observa-se por vezes a presença de escarpas.

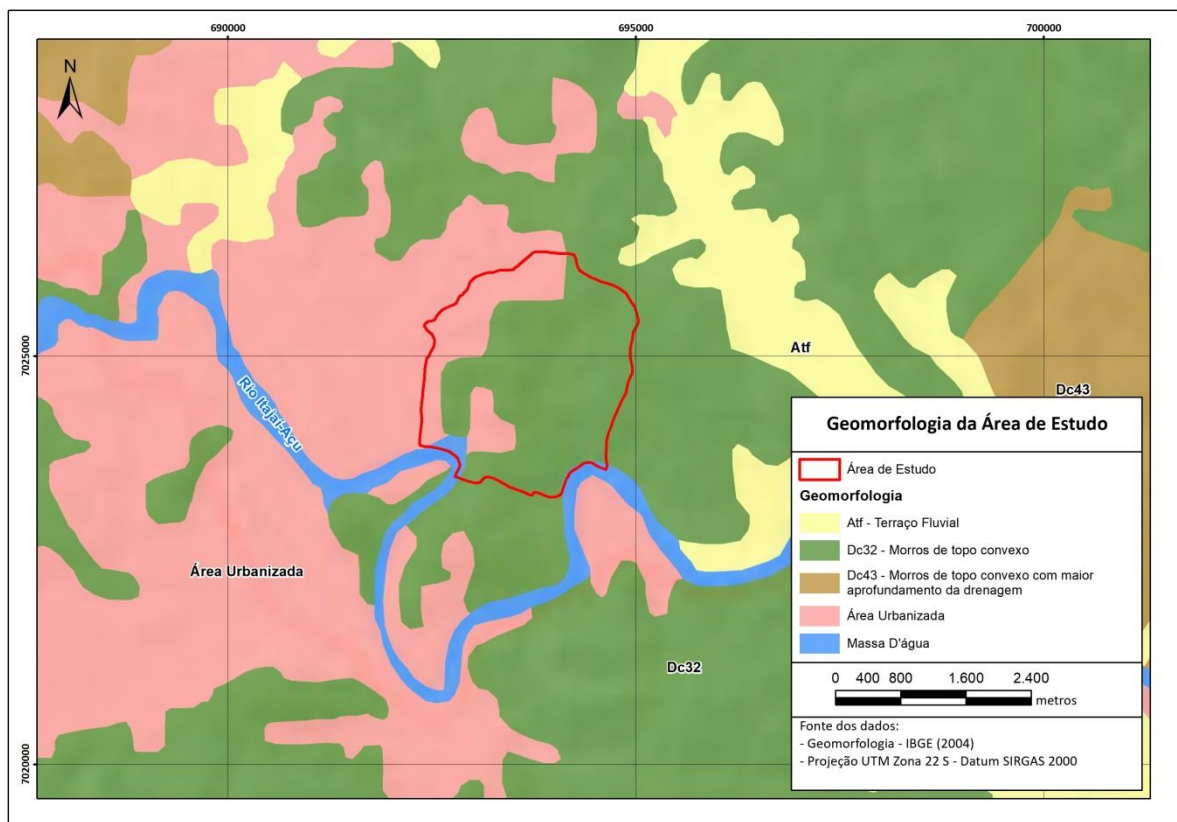


Figura 6: Mapa geomorfológico da área de estudo. Fonte: modificado de IBGE (2004), escala 1:250.000.

2.4 Pedologia

Conforme Vieira (1988), solo é a superfície intemperizada que se desenvolve sobre as rochas e que mantém a vida vegetal e animal da Terra. É constituído por camadas de diferentes composições química, física, biológica e mineralógica, e que se desenvolvem com o tempo, sob a influência do clima e da atividade biológica.

Segundo a Embrapa (2006, p.9), os solos desenvolvidos sobre o Complexo Granulítico de Santa Catarina (representado na área de estudo pela Microplaca Luís Alves)

“são em geral pouco profundos ou profundos, argilosos, com baixo gradiente textural e de cor entre o vermelho e o amarelo”. Já aqueles desenvolvidos sobre as litologias da Bacia do Itajaí são muito variados, dependendo da “natureza do material aflorante embora de maneira geral, predominem as modalidades argilosas, porquanto as de textura média ou arenosa estão mais ou menos restritas às áreas da Formação Gaspar” (composta por conglomerados e arenitos) (EMBRAPA, 2006, p.10). Na área de estudo os solos são rasos, especialmente onde o substrato é a Bacia do Itajaí.

2.5 Hidrografia

Uma Bacia Hidrográfica, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), objeto da Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), é a unidade territorial de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), e onde será implementada a PNRH. Silveira (2001, p.37) define bacia hidrográfica como “uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no exutório.

A área de estudo encontra-se totalmente inserida na Região Hidrográfica do Atlântico Sul (RHAS). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2006), a RHAS localiza-se na porção sul-sudeste do Brasil, ocupa 2,2% (187.552 km²) do território nacional e tem 6,8% da população do país (13,4 milhões de pessoas) (IBGE, 2010). A RHAS é subdividida em três sub-regiões (Guaíba, Litoral RS e Litoral SP, PR, SC) e em 21 sub-bacias, das quais a sub-bacia do Itajaí é a terceira maior em área (15.291 km²).

A área de estudo está integralmente contida na sub-bacia do Itajaí (que por sua vez está na sub-região do Litoral SP, PR, SC), e por este motivo será feita a descrição detalhada apenas desta sub-bacia.

2.5.1 Sub-bacia do Itajaí

É a maior bacia hidrográfica da Vertente Atlântica em Santa Catarina. Sua área é de 15.291 km², e intercepta 73 municípios. Pode ser subdividida em outras sete bacias menores: Itajaí do Norte, Itajaí do Oeste, Itajaí do Sul, Itajaí-Açu (onde está a área de estudo), Benedito, Luiz Alves e Itajaí Mirim. O regime fluvial dos rios abrangidos pela Bacia Hidrográfica do

Itajaí-Açu é determinado pelo regime pluviométrico, que apresenta chuvas bem distribuídas durante o ano e ausência de estação seca.

Os principais rios da bacia hidrográfica do Itajaí são os rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim. O rio Itajaí-Açu é o responsável por cerca de 90% do aporte fluvial do estuário. Os outros 10% são atribuídos ao seu maior tributário, o rio Itajaí Mirim, que deságua no canal principal a 9km da desembocadura, e a outros tributários menores, como o rio Luiz Alves. O rio Itajaí-açu é formado pela confluência dos rios Itajaí do Sul com o Itajaí do Oeste, na cidade de Rio do Sul e, logo a jusante, encontra o rio Itajaí do Norte (ou Hercílio). O rio Itajaí-açu passa a ser denominado de rio Itajaí quando recebe o aporte do rio Itajaí Mirim. No Vale do Itajaí estão localizadas cidades como Blumenau, Rio do Sul, Brusque e Itajaí, sendo que no Médio e Baixo Vale predomina a atividade industrial, enquanto no Alto Vale predomina a agropecuária (SCHETTINI, 2001).

Na área de estudo estão presentes apenas alguns pequenos afluentes do rio Itajaí, sem importância regional.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

A região do Vale do Itajaí, localizada no nordeste de Santa Catarina, está inserida na porção meridional da Província Mantiqueira. Conforme Almeida *et al* (1977), trata-se de uma unidade tectônica situada a leste dos crátons São Francisco e Rio de La Plata, que se estende por uma faixa litorânea de mais de 3000km desde o Uruguai até a Bahia. A origem da Província Mantiqueira está associada ao Ciclo Brasileiro, ocorrido no Neoproterozoico. Faixas de dobramentos, cinturões graníticos e bacias sedimentares compõem o arcabouço estratigráfico desta província, e guardam uma parte importante do registro evolutivo da América do Sul durante o Neoproterozoico.

A área de estudo está contida nos Domínios Geotectônicos do Complexo Granulítico de Santa Catarina (CGSC) e do Cinturão Dom Feliciano. A evolução destes domínios ocorreu de forma independente, e atingiu sua configuração atual no final do Neoproterozóico-início do Paleozoico, durante a amalgamação do Gondwana Ocidental (Basei *et al*, 1992). Atualmente é aceito que estas unidades compõem parte do Escudo Catarinense, que pode ser dividido em 3 domínios (Figura 7): Domínio Interno, Central e Externo, limitados pelas zonas de cisalhamento Major Gercino e Itajaí-Perimbó. As unidades geológicas de maior relevância neste trabalho são a Bacia do Itajaí, que ocupa a quase totalidade da área de estudo, e a Microplaca Luís Alves (contida no CGSC), ambas localizadas no Domínio Externo do Escudo Catarinense.

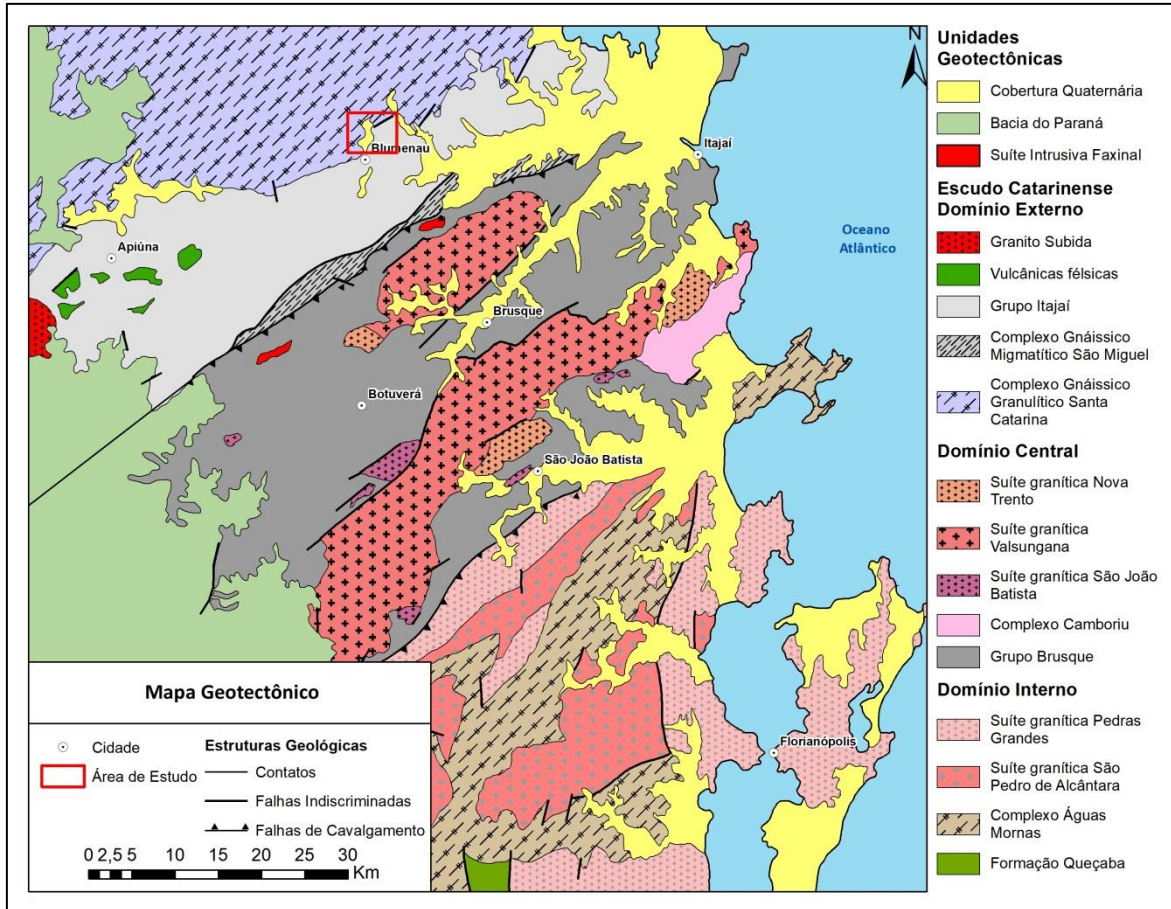


Figura 7: Contexto geotectônico da região onde está localizada a área de estudo. Fonte: modificado de Basei *et al.*, 2011.

A CPRM (2014) utiliza a nomenclatura de Fm. Gaspar para os conglomerados basais da Bacia do Itajaí; e Ortognaisses Granulíticos Luis Alves para as rochas do embasamento localizadas na área de estudo (Fig. 8). Segundo Guadagnin (2007), a idade máxima de deposição da bacia é 563 ± 2 Ma. Já as rochas do embasamento datam do Neoarqueano (CPRM, 2014).

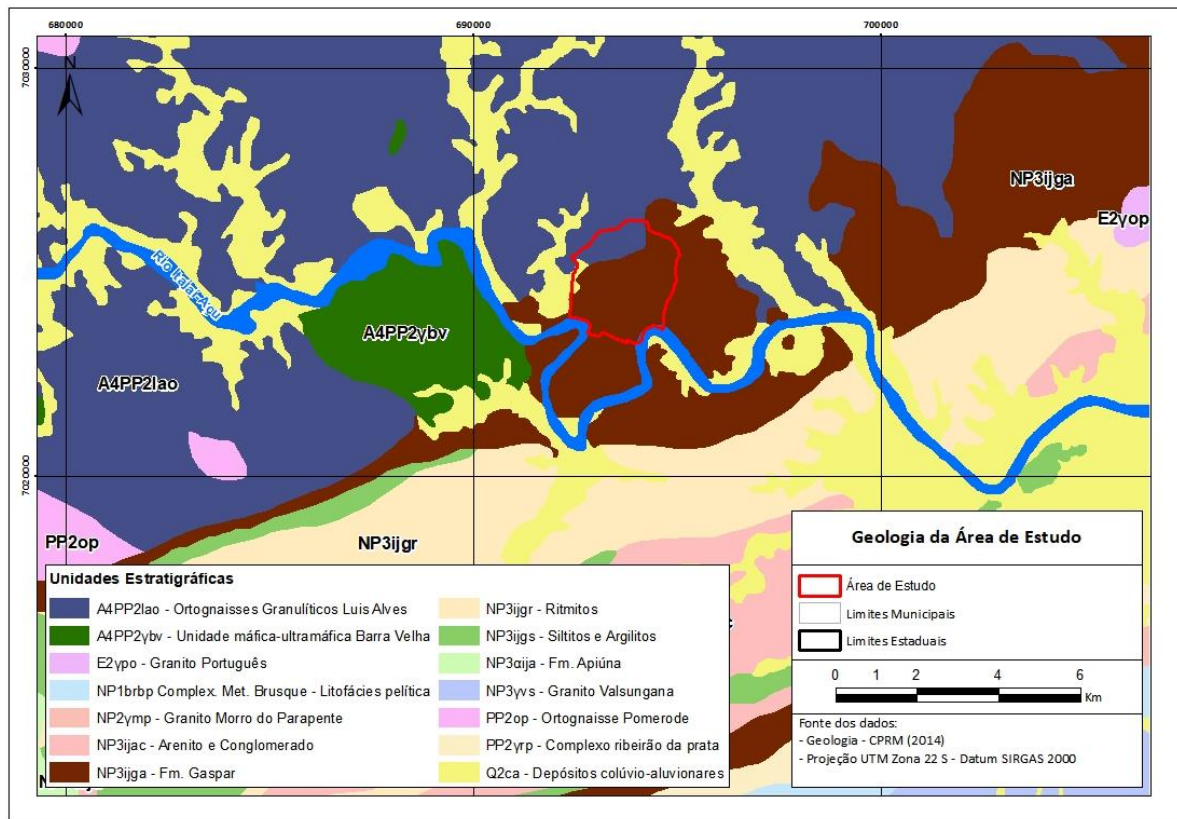


Figura 8: Mapa Geológico da área de estudo. A Fm. Gaspar (CPRM, 2014, em marrom) corresponde à Fm. Baú de Basei *et al*, 2011. Fonte: modificado de CPRM (2014).

3.1 Complexo Granulítico de Santa Catarina

O CGSC é a unidade geotectônica mais antiga do Escudo Catarinense, sendo primeiramente reconhecida por Hartmann *et al* (1979). Situa-se na porção nordeste do estado homônimo e é composta por ortognaisses de composição trondjemítica, tonalítica e granodiorítica. Rochas básicas e ultrabásicas intrudem esta unidade geotectônica (Figura 8), que também conta com a presença de rochas metassedimentares subordinadas (quartzitos e formações ferríferas bandadas).

A evolução do Complexo, segundo Hartmann *et al* (2000), deu-se em dois eventos metamórficos na fácies granulito, datados em 2675 \pm 12 Ma e 2168 \pm 18 Ma pelo método U/Pb SHRIMP em zircão. A idade dos protólitos, segundo o autor, é de 2716 \pm 17 Ma, enquanto a estabilização desta unidade teria ocorrido há cerca de 1900 Ma, o que a exclui dos eventos deformacionais ocorridos durante o ciclo Brasileiro (Neoproterozoico). Em seu limite sudeste está o Complexo Camboriú, que sofreu retrabalhamentos tanto durante o ciclo Transamazônico quanto durante o ciclo Brasileiro, e é interpretado como a borda retrabalhada do cráton (Hartmann *et al*, 2003).

As unidades que compõem o CGSC são a Microplaca Luís Alves, a Microplaca Curitiba e o Cinturão Granitoide Costeiro (Basei *et al*, 1992), que tem como litologias características gnaisses granulíticos de composição tonalito-granodiorítica, bandados a maciços, com frequentes enclaves de granulitos máficos, de idade Arqueana a Paleoproterozoica.

3.2 Bacia do Itajaí

A Bacia do Itajaí localiza-se no nordeste de Santa Catarina, e intercepta 52 municípios, entre eles Blumenau, Gaspar, Itajaí, Navegantes, os quais estão inseridos no Vale do Rio Itajaí-açu.

Esta bacia é interpretada por Basei *et al* (2011) como uma bacia de antepaís do Cinturão Dom Feliciano, e é limitada a sul pela zona de cisalhamento Itajaí-Perimbó e a norte pelo Lineamento Blumenau (Hartmann *et al*, 1979), que a separa da Microplaca Luís Alves. A Bacia do Itajaí tem forma assimétrica, alongada na direção N60E. Sua área é de aproximadamente 700km², e é composta por um pacote sedimentar de até 4500m de espessura (Basei *et al*, 2008).

A bacia vem sendo estudada desde o início do século XX. Destacam-se os trabalhos de Dutra (1926), um pioneiro, que denominou as rochas da bacia como Série Itajaí; Maack (1947) dividiu a Série em duas unidades: a Formação Ibirama na base (composta de xistos, lentes de conglomerado, ardósias e quartzitos cinzentos), e a Formação Gaspar no topo (composta por conglomerados, arenitos e folhelhos); Schultz e Albuquerque (1969) foram os primeiros a utilizar a denominação de Grupo Itajaí para as rochas da bacia; Basei (1985) situa a Bacia do Itajaí no domínio externo (norte) do Escudo Catarinense, com a predominância de turbiditos em um ambiente de preenchimento de uma antefossa molássica; Basei *et al* (1998), corroboram a interpretação de uma bacia de antepaís relacionada ao Cinturão Dom Feliciano, destacando que as rochas da Bacia do Itajaí foram afetadas pela última fase de metamorfismo sofrida pelo mesmo, e que as rochas da borda sul da bacia são mais deformadas que aquelas da borda norte. Atualmente, diversos autores (GUADAGNIN, 2010; BASEI *et al*, 2011; COSTA, NASCIMENTO, 2015; FLORISBAL, 2011) corroboram o entendimento da Bacia do Itajaí como uma bacia de antepaís, com vergência para noroeste.

A estratigrafia da Bacia do Itajaí foi dividida em apenas duas unidades até meados dos anos 1980 por diversos autores (CARVALHO e PINTO, 1938; FREITAS, 1945; MAACK, 1947; SALAMUNI *et al*, 1961; *apud* BASEI *et al*, 2011). Esta divisão reconhecia

uma unidade basal (Fm. Garcia), composta de arenitos arcóseos maciços, tufos, e espessas lentes de conglomerado (que representavam depósitos fluviais proximais), recobertas por um pacote marcado pela alternância de camadas de arenito e siltito com níveis de conglomerado, relacionados a turbiditos proximais com porções canalizadas. A segunda unidade (Fm. Gaspar), no topo da sequência, era relacionada a correntes turbidíticas distais, mais diluídas, e era composta por siltitos e argilitos homogêneos, de coloração azulada (BASEI *et al*, 2011).

A partir do final dos anos 1980, a estratigrafia de sequências começou a ser utilizada por alguns autores (KREBS *et al*, 1990; APPI, 1990; ROSTIROLLA *et al*, 1992, 1999; FONSECA, 2004) para entender o comportamento da bacia. Foi proposta então uma terceira unidade, através da descrição detalhada dos ambientes sedimentares e das fácies da bacia. Esta unidade representaria o reaparecimento progressivo de sistemas deposicionais continentais, que Basei *et al* (2011) interpretaram como uma repetição estratigráfica da unidade basal, causada por cavalgamentos. Citroni (1993) apresentou uma coluna estratigráfica com quatro associações de fácies, baseada no reconhecimento de paleoambientes deposicionais. São elas, da base para o topo:

- a) Associações Continentais, subdivididas em ambientes fluviais arenosos entrelaçados e leques aluviais conglomeráticos;
- b) Associações de Transição, compostas de arenitos de águas rasas, arenitos deltaicos e arenitos de planície costeira;
- c) Associações Bacinais, com depósitos de deslizamentos subaquosos seguidos de depósitos hemipelágicos; e
- d) Associações Turbidíticas, com turbiditos diluídos, turbiditos clássicos de média densidade, turbiditos gradados de alta densidade e turbiditos arenosos a conglomeráticos de alta densidade.

Costa & Nascimento (2015), aplicando a estratigrafia de sequências na Bacia do Itajaí, reconheceram sete associações de fácies, agrupadas em 3 tratos deposicionais (TD): o TD-I compreende lobos turbidíticos distais a fontrais, em um sistema deposicional de águas profundas; O TD-II é um sistema deposicional deltaico influenciado por tempestades em ambiente marinho raso; e o TD-III é caracterizado por “sistemas deposicionais de leques aluviais, planícies fluviais e rios entrelaçados” (COSTA, 2014, p.96).

A proposta mais aceita atualmente é a de Basei *et al* (2011), que classificam as rochas da Bacia do Itajaí em 5 unidades litoestratigráficas. Da base para o topo, as unidades são a Formação Baú, a Formação Ribeirão Carvalho, a Formação Ribeirão Neisse, a Formação Ribeirão do Bode e a Formação Apiúna. Esta divisão foi baseada em relações de

campo e na distribuição espacial das rochas de cada unidade. Segue abaixo uma breve descrição de cada unidade (BASEI *et al*, 2011):

- Formação Baú: é a única unidade da bacia que ocorre na área de estudo. Representa a base da Bacia, e ocorre tanto na borda norte quanto na borda sul. É composta de conglomerados polimíticos clasto-sustentados, com matriz areno-arcósea. Esta unidade é considerada continental, e as espessas lentes de conglomerado se estendem por centenas de metros. Os clastos variam de grânulos a matacões, e são compostos predominantemente de gnaisses, granitos, veios de quartzo, quartzitos e milonitos. No topo da unidade, predominam arenitos arcóseos com mica, de coloração vermelho escuro. Estes arenitos são mal selecionados, médios a grossos ou conglomeráticos e os grãos são sub-angulosos a sub-arredondados. Ocorrem também tufos intercalados com níveis arenosos. As estruturas primárias reconhecidas são imbricação de clastos e estratificação cruzada sigmoidal, porém frequentemente os conglomerados são maciços. Os níveis arenosos formam camadas de até 1.2m de espessura, com aumento de tamanho de grão para o topo das camadas ou estrutura maciça, estratificação plano-paralela, estratificação cruzada de baixo ângulo, estratificação cruzada tangencial ou estratificação cruzada tabular. A espessura total da Fm. Baú é estimada em 1.350m, e a deposição da unidade pode ser atribuída a sistemas de leques aluviais deltaicos, pela presença de material aluvial grosseiro e imaturo. Os conglomerados na base representam a fácies de planície deltaica cascalhosa e os arenitos no topo representam a fácies de frente deltaica proximal (FONSECA, 2004). Classificados através de análise química como arcósias, arenitos líticos e grauvacas.
- Formação Ribeirão Carvalho: é composta por ritmitos, que podem ser subdivididos em dois tipos: a) ritmitos tabulares com marcas de ondas e raras feições erosionais, compostos de arenitos médios a finos intercalados com camadas decimétricas de folhelho, siltito e arenito médio; e b) ritmitos compostos de de arenito médio a grosso, com gradação normal e camadas delgadas de arenito intercalado com folhelho. Estes ritmitos ocorrem intercalados com níveis de conglomerado polimítico maciço que apresentam gradação normal (granodecrescência ascendente). A espessura total desta

unidade é de cerca de 650m, e sua deposição é relacionada a turbiditos proximais. Classificados através de análise química como arcósias, arenitos líticos e grauvacas.

- Formação Ribeirão Neisse: sua espessura estimada é de 1000m e apresenta contato gradacional com a unidade subjacente. É composta de arenitos arcóseos de coloração cinza, imaturos, mal-selecionados, finos a médios, com estratificação plano-paralela, *climbing ripples*, estratificação cruzada, estratificação cruzada acanalada de pequeno e médio porte e *slumps*. Classificados quimicamente como arenitos líticos.
- Formação Ribeirão do Bode: é a unidade sedimentar mais jovem do Grupo Itajaí, com espessura estimada em 1500m. É composta por siltitos laminados intercalados com camadas silto-argilosas que contêm níveis silto-arenosos. Também ocorrem em menor proporção níveis de siltitos maciços, assim como conglomerados polimíticos com clastos vulcânicos ácidos. As camadas têm espessuras métricas, coloração verde-acinzentada, e as estruturas mais comuns são a laminação plano-paralela, estruturas wavy e linsen, gradação e *slumps*. Classificados quimicamente como arenitos líticos (PETTIJOHN *et al*, 1972 *apud* BASEI *et al*, 2011).
- Formação Apiúna: é composta por rochas vulcânicas ácidas, riolíticas, leucocráticas, microporfíricas a porfíricas, que intrudem a sequência sedimentar da Bacia do Itajaí. Basei *et al* (2008) obtiveram uma idade de 559±9,5 Ma, utilizando o método U-Pb (SHRIMP) em zircões. O leucosienogranito Subida intruiu a bacia após as deformações sofridas pela mesma, e é o último registro de atividade magmática na Bacia do Itajaí.

A proveniência dos sedimentos da bacia foi estudada por Basei *et al* (2011) que, avaliando dados geoquímicos encontraram duas fontes possíveis para os sedimentos da bacia: as rochas do CGSC (e subordinadamente as do Complexo Camboriú e dos granitos do Grupo Brusque) são as fontes mais prováveis para a Fm. Baú (basal); já as unidades superiores da bacia têm como fonte as rochas metavulcanossedimentares do Grupo Brusque e em menor parte os granitos do Batólito Florianópolis. Esta visão é corroborada por Guadagnin *et al* (2010) e por Costa, Nascimento (2014). Os dados geoquímicos foram utilizados também para atribuir uma baixa maturidade mineralógica às rochas da bacia, e para dividi-las em duas

unidades deposicionais: uma continental (Fm. Baú) e outra marinha (Fm. Ribeirão Carvalho, Ribeirão do Neisse e Ribeirão do Bode).

A geocronologia das rochas da bacia foi avaliada por Guadagnin *et al* (2010) e por Basei *et al* (2011) utilizando dados de LA ICPMS e SHRIMP. Os primeiros fizeram datações em zircões detríticos, enquanto os últimos utilizaram zircões de rochas ígneas. As idades de início e fim da deposição da bacia obtidas pelos primeiros são de 563-549 Ma, enquanto os últimos obtiveram idades no intervalo de 596-560 Ma.

3.2.1 Geologia Estrutural na Bacia do Itajaí

A geologia estrutural na Bacia do Itajaí é marcada por duas fases de dobramento, com direções axiais distintas. A primeira fase apresenta direção preferencial entre E-W e NE-SW (paralela ao eixo maior da bacia), e é considerada mais intensa que a segunda fase, que tem direção axial aproximadamente N-S (BASEI *et al*, 2011).

A primeira fase D1 afetou a bacia como um todo, e é caracterizada por dobras cilíndricas com eixo de dobra paralelo ao eixo maior da bacia, como resultado dos cavalgamentos do Grupo Brusque sobre as rochas da bacia. A porção sul da bacia é a que sofreu a deformação mais intensa, e apresenta repetição das unidades observadas no norte da bacia (BASEI *et al*, 2011). A superfície de acamamento é facilmente observada por toda a bacia, e tem direção predominante ENE-WSW, com mergulhos entre 15-40° SE. O contato da Bacia do Itajaí com a Microplaca Luís Alves, na borda norte, é deposicional; na borda sul, o contato com o Grupo Brusque é tectônico, marcado por falhas inversas ocasionadas pelo cavalgamento tanto do Grupo Brusque quanto do Complexo São Miguel sobre as rochas da bacia. A magnitude destes deslocamentos é muitas vezes mascarada por planos de cisalhamento paralelos às superfícies de acamamento (BASEI *et al*, 2011).

A segunda fase de deformação D2 tem direção axial predominantemente N-S, e é caracterizada por dobras amplas e descontínuas com eixo axial mergulhando suavemente para o sul. Esta fase interfere nas estruturas da primeira fase, causando a dispersão nas atitudes das unidades deformadas (BASEI *et al*, 2011).

Comparando as deformações observadas na Bacia do Itajaí com as deformações do Grupo Brusque, é possível relacionar as fases D1 e D2 da Bacia do Itajaí com as fases D4 e D5 sofridas pelo Grupo Brusque e que ocorreram após o pico metamórfico (BASEI, 1985).

4 MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Movimentos gravitacionais de massa (MGM) são movimentos de descida de solo, rochas e material orgânico, em declive e sob o efeito da gravidade, que ocorre em uma superfície de ruptura, sendo que o depósito e a feição geomorfológica gerada também fazem parte do movimento (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). A definição de movimentos de massa é diversa entre geólogos, engenheiros, geotécnicos e outros profissionais, que os classificam de acordo com os mecanismos desencadeadores dos movimentos e com as características de cada movimento, como quedas, deslizamentos, escoamentos ou rastejo (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Neste trabalho será utilizada a classificação do Ministério das Cidades (2007), adotada por CPRM & IPT (2014) na elaboração das cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Esta classificação separa os eventos em dois grupos: os movimentos gravitacionais de massa e os eventos hidrológicos (inundações e enxurradas). Os movimentos gravitacionais de massa podem ser subdivididos em deslizamentos, rastejo, queda de rochas e corridas de massa. Os deslizamentos podem ser **rotacionais**, quando há uma superfície de ruptura côncava no interior do maciço; **translacionais**, quando a ruptura ocorre sobre uma superfície plana; ou **em cunha**, quando o deslizamento ocorre segundo dois planos de fraqueza da rocha que se interceptam.

As partes principais de deslizamentos são a superfície de ruptura, os flancos, o topo e a base do movimento, e o cume (porção restante no topo que permanece sem deslizar) (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Segundo Noronha *et al* (2015), as encostas com forma côncava ou retilínea apresentam maior suscetibilidade a deslizamentos que as encostas convexas.

4.1 Classificação de Movimentos Gravitacionais de Massa

4.1.1 Quedas

Quedas são movimentos de massa nos quais não há uma superfície de movimentação, mas os blocos caem livremente sob a ação da gravidade (Figura 9). São movimentos comuns nas escarpas da Serra do Mar. “Nos penhascos ou taludes íngremes, blocos e/ou lascas dos maciços rochosos deslocados pelo intemperismo, caem pela ação da gravidade. A queda pode estar associada a outros movimentos como saltação, rolamento dos blocos e fragmentação no impacto com o substrato” (TOMINAGA *et al.*, 2009, p.32).

As quedas ocorrem devido a: variações térmicas no maciço, erosão sob os blocos e consequente perda da sustentação, vibrações ou mesmo alívio de tensões tectônicas (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

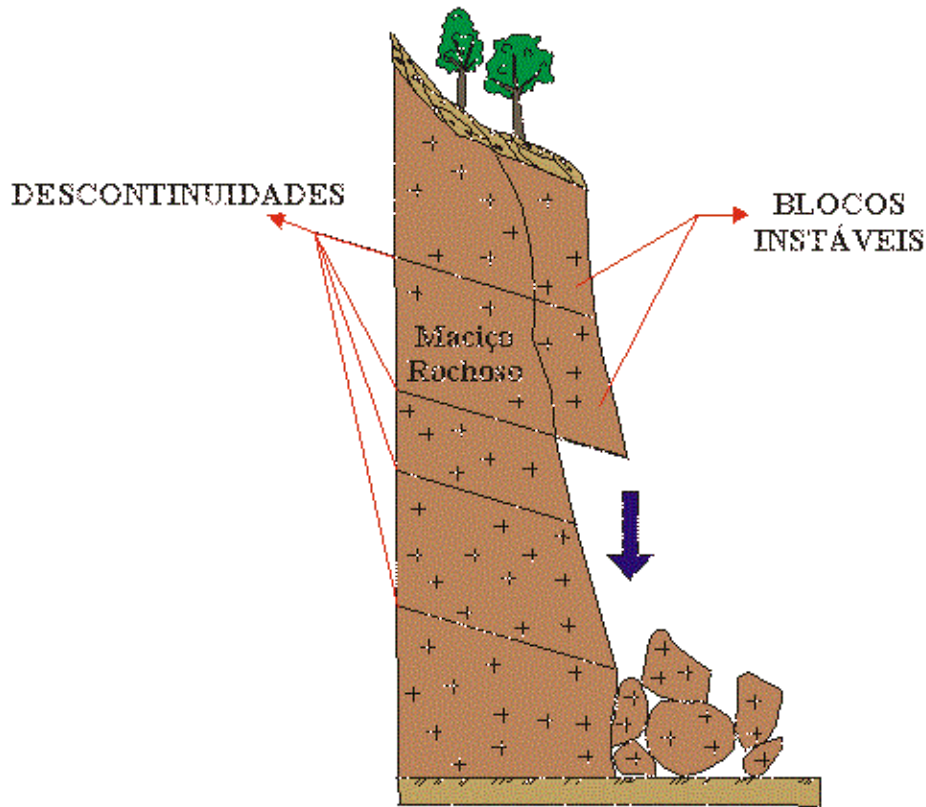


Figura 9: Esquema de queda de blocos. Fonte: IGC-USP.

4.1.2 Escorregamentos/Deslizamentos

Deslizamentos são movimentos de massa em encostas sob a ação da gravidade, e envolvem solos, rocha, vegetação e outros materiais que estiverem na área de ocorrência (SELBY, 1993 *apud* KOBAYAMA *et al*, 2006), como ilustra a Figura 10. Geralmente são movimentos rápidos, com volumes definidos, que se deslocam para baixo e para fora do talude, e ocorrem quando a força gravitacional supera a força de atrito entre as partículas no interior do talude. Isto é devido principalmente à infiltração de água entre as partículas ou em descontinuidades (fraturas, contato com a rocha sã, xistosidade, acamamento), que faz com que a força de atrito entre as partículas diminua muito quando o maciço fica saturado. A velocidade dos deslizamentos varia de quase zero a alguns metros por segundo, e depende da inclinação da superfície e das características do material mobilizado, sendo que materiais mais homogêneos geralmente apresentam maiores velocidades (TOMINAGA *et al*, 2009).

Os deslizamentos têm curta duração e alto poder destrutivo, pois mobilizam uma grande quantidade de material encosta abaixo (AUGUSTO FILHO, 1994). São muito comuns em todo o mundo, e no Brasil são o tipo de movimento de massa que ocorre com maior frequência, principalmente em terrenos com alta declividade (TOMINAGA *et al*, 2009).

Apesar do grande potencial de causar danos, os deslizamentos fazem parte da dinâmica natural de evolução do relevo, e são os principais modeladores da paisagem (BIGARELLA *et al*, 1996). Segundo Kobiyama *et al* (2006), não se pode evitar que deslizamentos ocorram, e portanto devemos aprender a conviver com tais eventos. Entretanto, podem-se tomar medidas que amenizem ou eliminem os danos às comunidades humanas, como evitar a construção de moradias em terrenos íngremes e/ou próximos a cursos d'água, ou realizar cortes muito inclinados em encostas.

Desta forma, os deslizamentos podem ser classificados em três tipos principais, de acordo com sua geometria e natureza dos materiais mobilizados: escorregamentos rotacionais, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha (TOMINAGA *et al*, 2009).



Figura 10: Deslizamento de terra no Morro do Baú/SC. Fonte: IPT, 2008.

4.1.2.1 Rotacional

É caracterizado pela movimentação da porção deslizada sobre uma superfície de ruptura curva, como mostra a Figura 11. Ocorre comumente nas encostas do sudeste

brasileiro, e é associado à ocorrência de solos homogêneos e espessos (Tominaga *et al*, 2009). Segundo Fernandes & Amaral (1996), este tipo de movimento pode ser provocado pela erosão hidráulica no sopé dos taludes ou por cortes mal feitos para a construção de casas ou rodovias, por exemplo.

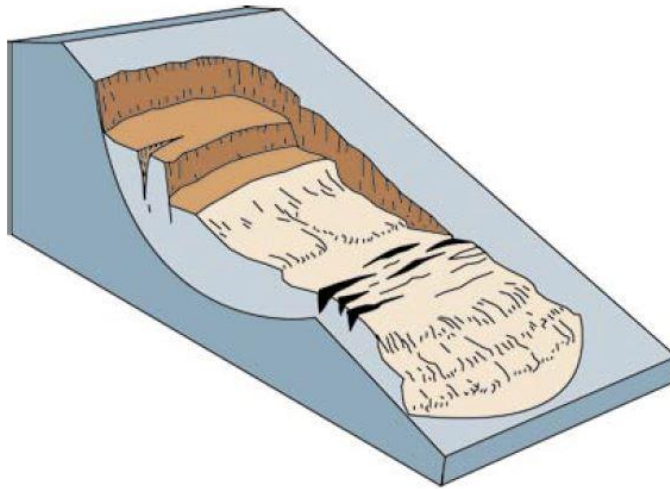


Figura 11: Esquema de deslizamento rotacional. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.

4.1.2.2 Translacional

É o tipo de movimento de massa mais comum, e ocorrem em superfícies de ruptura planares (Figura 12) associadas às discontinuidades internas dos maciços, sejam elas de origem geológica (acamamento, xistosidade, bandamento gnáissico, falhas, fraturas, entre outros), geomorfológica ou pedológica. Geralmente são deslizamentos rasos (0,5 a 5m de profundidade), porém podem atingir grandes áreas e ocorrer tanto em encostas de baixa quanto de alta declividade. Comumente a ruptura ocorre na interface solo-rocha após eventos pluviométricos extremos, e os materiais mobilizados podem ser solo, rocha, vegetação, ou uma mistura destes materiais (Tominaga *et al*, 2009).

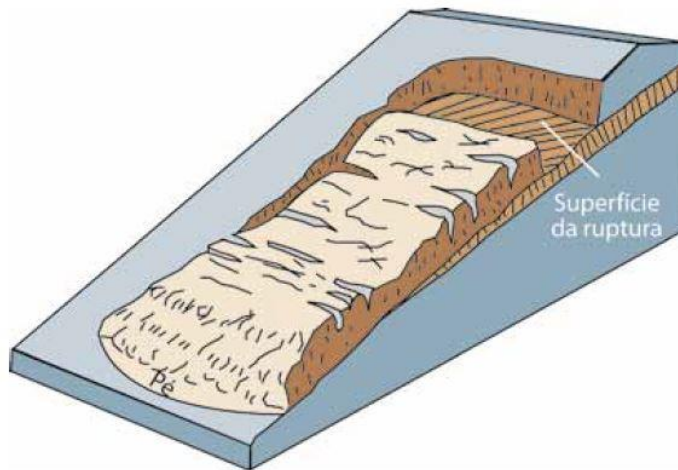


Figura 12: Esquema de deslizamento translacional. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.

4.1.2.3 Em cunha

Os deslizamentos em cunha são condicionados pela existência de interseções entre estruturas geológicas (Figura 13), que têm maior expressão em áreas onde há um forte controle estrutural do relevo. Pode ocorrer em maciços muito ou pouco alterados, com o deslocamento de material de geometria prismática ao longo do eixo da interseção das estruturas (falhas, fraturas, xistosidade). Sua ocorrência é vinculada a taludes onde houve desconfinamento do material, seja pela ação antrópica ou natural (Tominaga *et al*, 2009).

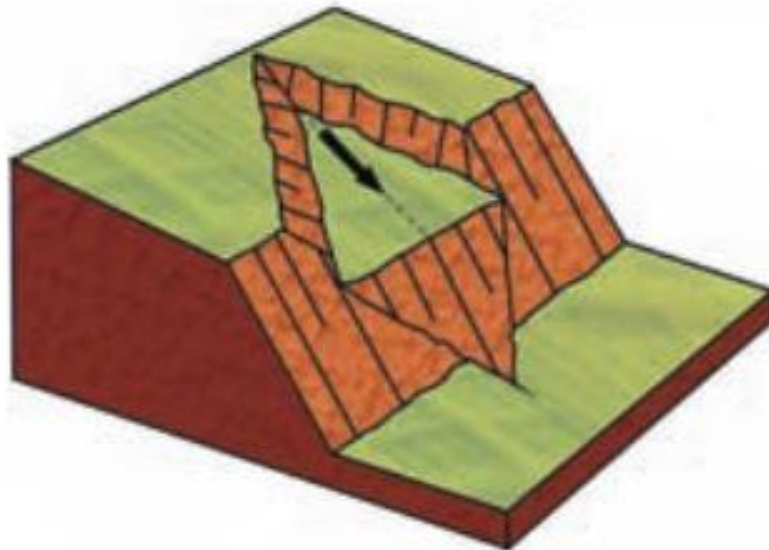


Figura 13: esquema de deslizamento em cunha. Fonte: Tominaga *et al* (2009).

4.1.3 Fluxo de detritos

Ocorrem quando as partículas de um maciço perdem o atrito com as partículas ao seu redor, ocasionado pelo aumento da poro-pressão. Quando deflagrado, este tipo de movimento pode transportar grandes quantidades de materiais diversos, como solo, rochas e árvores, que formam uma massa de alta densidade e viscosidade, e se move em grande velocidade rio abaixo (Figura 14). Pode atingir grandes distâncias mesmo que em áreas de baixa declividade, e tem um potencial destrutivo muito maior que os deslizamentos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

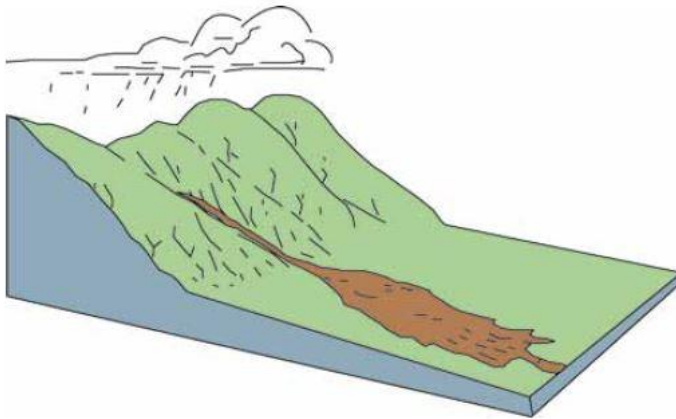


Figura 14: Esquema de fluxo de detritos. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.

4.1.4 Rastejo

Rastejos são movimentos lentos e contínuos de material de encostas, com limites indefinidos, podendo envolver grandes volumes de solos (Figura 15). Têm inúmeras superfícies de ruptura por toda a encosta, com movimentações muito pequenas e contínuas. Este tipo de movimento é atribuído à expansão e contração dos materiais devido à variação térmica e de umidade (TOMINAGA *et al*, 2009).



Figura 15: marcas de rastejo em uma encosta. Fonte: Highland, Bobrowsky, 2008.

5 SUSCETIBILIDADE, PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO

O termo *suscetibilidade* pode ser descrito como a propensão ou predisposição de uma área à ocorrência de fenômenos e processos do meio físico (FELL *et al*, 2008; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007), neste caso, os MGM. Um mapeamento de suscetibilidade a MGM avalia quais áreas apresentam características que favorecem a ocorrência de tais movimentos. A declividade, por exemplo, é um fator preponderante neste caso, e encostas íngremes podem ser consideradas propensas à ocorrência de deslizamentos (CPRM & IPT, 2014). Entretanto, as avaliações de suscetibilidade a deslizamentos não incluem previsões de quando os eventos ocorrerão, elas apenas identificam quais áreas são mais propensas à ocorrência destes eventos.

Perigo é a possibilidade de ocorrer um fenômeno natural ou atividade humana com potencial de gerar perdas e danos às pessoas, infraestrutura e recursos naturais no local onde possivelmente venham a ocorrer (UN-ISDR, 2009; FELL *et al*, 2008).



Figura 16: Localização da zona de elementos expostos. Modificado de CPRM & IPT (2014).

Vulnerabilidade é expressa pelas consequências que um evento causa nos elementos expostos, ou um grau de perdas e danos, onde 0 (zero) representa nada de perdas e danos e 1 representa o grau máximo de vulnerabilidade, onde a perda é total. Locais que possuem uma infraestrutura preparada para absorver os impactos de eventos naturais são menos vulneráveis que aqueles locais onde a infraestrutura é inadequada.

O risco é resultado da interação entre os perigos naturais ou induzidos e as áreas vulneráveis (UN-ISDR, 2009). Dessa forma, não há risco em locais onde não há capital humano a ser perdido ou danificado, mesmo que a área tenha uma alta suscetibilidade a movimentos de massa (Figura 16). A severidade de um evento está relacionada à sua magnitude, ou à sua capacidade de gerar perdas e danos. Assim, um local com baixa vulnerabilidade pode receber um evento natural severo (com alto potencial de destruição) e não ser afetado duramente. Por outro lado, locais com alta vulnerabilidade a eventos naturais podem ser completamente destruídos em eventos menos severos (JULIÃO *et al*, 2009).

Desastres naturais são para a ONU (UNISDR, 2004), as situações onde a normalidade da vida é interrompida em decorrência de fenômenos ou processos naturais, que por sua magnitude acarreta em consequências que vão além da capacidade de recuperação da área afetada, sendo necessária ajuda externa para contornar a situação.

A resiliência dos ambientes é um termo utilizado para descrever a capacidade dos ambientes em resistir, recuperar e se adaptar frente às consequências de eventos naturais, de forma rápida e eficaz, incluindo a preservação de suas estruturas e serviços básicos (UNISDR, 2004). As ações de gestão de risco tendem a aumentar a resiliência das comunidades aos

desastres naturais, pois disseminam o conhecimento das áreas de risco à população, aumentam as medidas de prevenção e melhoram as condições de resposta dos municípios e comunidades aos desastres (CPRM & IPT, 2014).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram obtidos em parte de órgãos públicos do estado de Santa Catarina e do município de Blumenau, e também foram produzidas informações através do mapeamento geológico da área e do processamento dos dados. O método utilizado para gerar o modelo de suscetibilidade a MGM é um método guiado pelo conhecimento dos dados (*knowledge driven*) e consiste no cruzamento de diversos fatores predisponentes em ambiente SIG.

6.1 Materiais

Revisão Bibliográfica: foi realizada através da consulta a publicações científicas e dados da Defesa Civil de Santa Catarina. Visa aprofundar o conhecimento sobre desastres naturais, em especial aqueles relacionados a movimentos gravitacionais de massa na região do Vale do Itajaí. Além disso, foram utilizados trabalhos que fundamentaram a utilização das ferramentas de geoprocessamento no âmbito deste trabalho, e dos métodos empregados nas etapas de análise de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. A consulta bibliográfica foi feita no Portal de Periódicos da Capes, no *ScienceDirect* e no acervo da Biblioteca Central da UFSC.

Mapa geológico: foi realizado o mapeamento geológico da área de estudo visando detalhar o mapa geológico em escala 1:10.000 de Blumenau produzido pelo projeto de mapeamento geotécnico da UFSC em parceria com o Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017). As técnicas de mapeamento utilizadas foram o mapeamento em nuvem e o rastreamento de contatos.

Curvas de nível: geradas a partir do MDT da SDS (2012), no *software* ArcGis 10.4. com equidistância de 5 m.

Modelo digital de terreno (MDT): com resolução espacial de 1m (SDS, 2012 - Folha SG-22-Z-B-IV-4).

Hidrografia: foi utilizada a base hidrográfica da SDS (2012), contendo rios e massas d'água em escala 1:10.000.

Inventário de Deslizamentos: foi utilizado o inventário da Defesa Civil de Blumenau (BLUMENAU, 2008), contendo apenas os pontos dos locais onde ocorreram deslizamentos no passado.

Software ArcGis 10.4: Licença Trial. As principais ferramentas utilizadas foram a ferramenta *Slope* (para obter a declividade), *Buffer* (distância dos cursos d'água, distância das áreas urbanizadas e antropizadas) e as ferramentas de conversão (*Polygon to Raster*, *Raster to Polygon*).

Software OpenStereo: software livre utilizado na análise dos dados estruturais e na construção de diagramas de roseta e estereogramas (GROHMANN *et al*, 2011).

6.2 Métodos

6.2.1 Método de modelagem, análise e armazenamento de dados geográficos

Índice de Suscetibilidade a Risco (ISD): Existem dois tipos principais de métodos de avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa: os métodos guiados pelos dados (*data driven*) e os métodos guiados pelo conhecimento de um especialista sobre os dados (*knowledge driven*). Neste trabalho foi utilizado um método guiado pelo conhecimento, utilizado em diversos mapeamentos de suscetibilidade pelo mundo (ZHU *et al*, 2014; MARTINI *et al*, 2006; CORREIA *et al*, 2015; TSANGARATOS *et al*, 2018; VIEIRA *et al*, 2007). Segundo Zhu *et al* (2014), o método consiste em três etapas principais: (1) extrair informações sobre a relação entre movimentos de massa e os fatores predisponentes na área de estudo com base na experiência de um especialista; (2) caracterizar os fatores predisponentes em ambiente SIG; e (3) gerar o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa a partir do cruzamento dos dados com valores fuzzyficados. Os mesmos autores destacam que o especialista deve ter formação no campo da Geologia ou Geomorfologia, e que tenha grande conhecimento teórico e experiência de campo em movimentos de massa. Para gerar o modelo de suscetibilidade, buscam-se respostas para duas questões: 1) Quais são os fatores predisponentes que afetam a suscetibilidade?; e 2) Como estes fatores afetam a suscetibilidade a movimentos de massa?

Inicialmente foi proposto um conjunto de seis fatores predisponentes: Litologia, Declividade, Curvatura das Encostas, Uso do Solo, Distância das Áreas Urbanizadas/Antropizadas e Distância dos Lineamentos. Porém, percebeu-se que os fatores Uso do Solo e Distância das Áreas Urbanizadas/Antropizadas são dependentes entre si, e que o fator Distância das Drenagens representa também o fator Distância dos Lineamentos. Por

esses motivos optou-se por excluir os fatores Uso do Solo e Distância dos Lineamentos e utilizar a combinação dos cinco fatores selecionados (Tabelas 1 e 2): litologia, declividade, curvatura das encostas, distância de áreas antropizadas ou urbanizadas e distância das drenagens. Os três primeiros são frequentemente utilizados em análises de suscetibilidade (Tabela 1), já a distância dos cursos d'água e a distância das construções são mais raras, mas têm grande importância na área de estudo, pois:

- a) Os cursos d'água na área são encaixados em estruturas geológicas, portanto o fator distância dos cursos d'água tem um cunho estrutural e não apenas hidrográfico;
- b) A grande maioria dos pontos do inventário de deslizamentos (BLUMENAU, 2008) encontra-se em áreas urbanizadas, portanto o fator distância das áreas urbanizadas/antropizadas é muito importante pois considera a ocorrência de MGM induzidos na área de estudo.

Isto dito, fica claro que este trabalho lida tanto com a suscetibilidade natural quanto com a suscetibilidade induzida, pois os deslizamentos ocorrem tanto em áreas urbanizadas quanto em áreas naturais.

A Tabela 1 mostra os fatores predisponentes e também os tipos de método utilizados por diversos pesquisadores em mapeamentos de suscetibilidade a MGM no mundo. O tipo de método é crucial para a obtenção dos pesos dos fatores, pois no caso de métodos guiados pelos dados (*data driven*), os pesos são gerados estatisticamente, de acordo com a distribuição dos pontos do inventário de deslizamentos sobre os fatores; já nos métodos guiados pelo conhecimento dos dados (*knowledge driven*), os pesos de cada fator são atribuídos por especialistas (ZHU *et al*, 2018).

Tabela 1: fatores predisponentes e tipos de método utilizados por autores diversos na análise de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Outros fatores menos comuns são: sentido e ângulo de mergulho de estruturas (acamamento, foliação), densidade de lineamentos e cobertura vegetal (NDVI). Elaborado pelo autor.

Autores/Fatores	Litologia	Dist. dos Lineamentos	Tipo de Solo	Dist. das Construções	Dist. dos Cursos D'água	Declividade	Curvatura das Encostas	Orientação das Encostas	NDVI	Socioeconomia	Método	
											Data driven	Knowledge driven
CPRM & IPT, 2014		x				x	x				x	
Stabile <i>et al</i> , 2013		x				x	x				x	
Martini <i>et al</i> , 2003			x			x	x	x				x
Bispo <i>et al</i> , 2011	x		x			x	x				x	
Correia <i>et al</i> , 2015	x	x			x	x	x	x	x		x	x
Zhu <i>et al</i> , 2014	x					x	x	x				x
Tsangaratos <i>et al</i> , 2018	x	x		x	x	x		x				x
Pozzobon <i>et al</i> , 2015	x	x				x	x	x	x		x	
Vieira <i>et al</i> , 2007	x					x				x		x
Este trabalho	x			x	x	x	x					x

Neste trabalho foi utilizada uma metodologia similar àquela utilizada por Tsangaratos *et al* (2018), porém neste o conjunto de fatores, classes e pesos foram definidos com base na avaliação do autor (com respaldo da literatura) e confirmados pelos orientadores do trabalho, enquanto naquele os pesos foram ponderados de acordo com a avaliação técnica de um conjunto de três especialistas.

Os pesos atribuídos pelo especialista aos fatores predisponentes variam de acordo com a natureza dos dados. Para fatores categóricos, como litologia ou tipo de solo, os pesos são atribuídos a cada classe pelo especialista, de acordo com sua relação com a suscetibilidade. Os valores variam de 0 a 1, sendo que zero (0) representa total falta de relação com a suscetibilidade, e um (1) representa total relação do fator com a suscetibilidade.

No caso fatores com valores contínuos, como declividade ou distância dos cursos d'água, duas abordagens podem ser seguidas: a) pode-se fuzzyficar os dados através de funções matemáticas em ambiente SIG (ZHU *et al*, 2014); ou b) criar classes com intervalos de valores e atribuir valores fuzzy a estes intervalos (TSANGARATOS *et al*, 2018).

A expressão abaixo expressa a relação entre a suscetibilidade e os fatores predisponentes (ZHU *et al*, 2014):

$$f_v(e_{ij,v}) = \begin{cases} w_{1,v} & \text{if } e_{ij,v} = c_{1,v} \\ w_{2,v} & \text{if } e_{ij,v} = c_{2,v} \\ \dots & \\ w_{m,v} & \text{if } e_{ij,v} = c_{m,v} \end{cases}$$

onde f_v é a função que descreve a relação entre a suscetibilidade e os fatores predisponentes (categóricos); $e_{ij,v}$ é o valor do fator predisponente na localização i,j ; e $w_{l,v}$ são os valores de suscetibilidade quando o fator v tem o valor de $c_{l,v}$.

Após atribuir-se pesos às classes dos fatores categóricos e fazer a fuzzyficação dos dados, chega-se ao momento crucial da pesquisa que é o cálculo do índice de suscetibilidade de cada pixel. Isso é feito pela média aritmética dos valores dos fatores predisponentes em cada pixel, dada pela equação abaixo (ZHU *et al*, 2014):

$$L_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \left(f_v(e_{ij,v}) \right)$$

Onde L_{ij} é a suscetibilidade a deslizamentos do pixel, n é o número de fatores predisponentes, e T é função que calcula a suscetibilidade total na célula i,j . Em mapeamentos de suscetibilidade, a média aritmética é comumente utilizada. (ZHU *et al*, 2014). Neste trabalho, a média entre os fatores foi calculada utilizando a ferramenta de Álgebra de Mapas no *software* ArcGIS 10.4 (*Spatial Analyst > Map Algebra > Raster Calculator*), que calculam a média dos valores *pixel a pixel* (Figura 17).

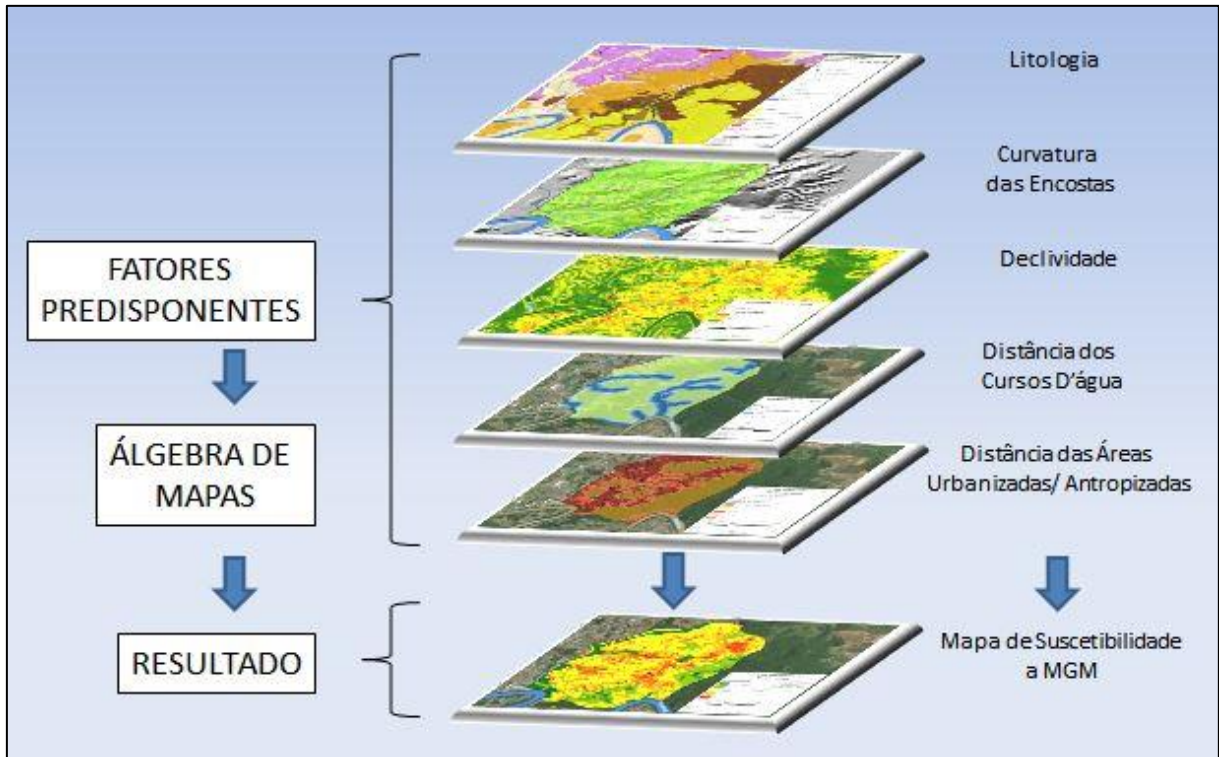


Figura 17: Fluxograma do método de trabalho. Elaborado pelo autor.

Finalmente, uma vez que o mapa de suscetibilidade a MGM com valores *fuzzy* já foi gerado, pode-se classificar os intervalos de suscetibilidade em classes qualitativas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (TSANGARATOS *et al*, 2018).

6.2.1.1 Fatores predisponentes

Os métodos de obtenção das informações (fatores predisponentes) utilizadas na análise de suscetibilidade a movimentos de massa são descritos abaixo:

Litologia: o mapa geológico da área de estudo (Figura 27 e Anexo I) foi elaborado a partir da base geológica com escala 1:20.000 do projeto de mapeamento geotécnico da UFSC em parceria com o Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017). O mapeamento foi feito em duas etapas de campo, totalizando sete dias. O método utilizado foi o mapeamento em nuvem, e a localização dos pontos foi condicionada à existência de afloramentos, que não eram muito abundantes e frequentemente muito alterados. Optou-se por utilizar este método pois seria preciso atravessar extensas áreas de mata atlântica fechada caso fossem feitos perfis com direção NW-SE (perpendiculares ao *strike* das camadas), o que inviabilizaria o projeto financeiramente pela quantidade de dias necessários.

Lineamentos: os lineamentos não foram utilizados no ISD, mas foram muito importantes no mapeamento geológico e na análise estrutural da área, sendo mapeados sobre

MDT sombreado (Az 315 e ângulo de iluminação de 50°), com três escalas fixas: 1:50.000, para reconhecimento das estruturas maiores; e 1:10.000 e 1:20.000 para o refinamento das mesmas. Os lineamentos foram classificados em positivos (cristas) ou negativos (vales) (Figura 33 e 34).

Declividade: obtida através do processamento do MDT (SDS) no *software* ArcGis, com o uso da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope* (Figura 31).

Curvatura das encostas: foi gerada através do processamento dos MDT no *software* ArcGis, utilizando a ferramenta *Spatial Analyst Tools > Surface > Curvature*. As encostas foram classificadas em côncava, convexa ou retilínea (Figura 32) (TOMINAGA *et al.*, 2009).

Uso e ocupação do solo: O mapeamento de usos do solo na área de estudo (Figura 36) foi efetuado por classificação manual, sobre imagens de satélite do *basemap* no *software* ArcGis 10.3, por serem as imagens mais recentes (obtidas em 2018) e com resolução espacial compatível com o trabalho. A vetorização foi feita com escala fixa em 1:5.000, e as classes mapeadas (áreas urbanizadas, áreas antropizadas, áreas desmatadas, vegetação arbórea, água) seguem a recomendação do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Distância das áreas urbanizadas ou antropizadas: foi elaborada utilizando a ferramenta *buffer* no *software* ArcGis 10.4. O parâmetro “Distância das Áreas Urbanizadas ou Antropizadas” foi incluído na análise de suscetibilidade a movimentos de massa para ponderar os pesos aplicados às classes de uso do solo, pois segundo Tominaga *et al* (2009) e Kobiyama *et al* (2006) as áreas urbanizadas/antropizadas são mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa que as áreas naturais. Entretanto, as áreas no entorno da urbanização também sofrem influência direta das modificações antrópicas, mas não são mapeadas na classificação de usos do solo (Figura 38). As classes utilizadas são: 0m, 0-5m, 5-25m, 25-50m e >50m.

Distância dos cursos d’água: foi obtida pela ferramenta *buffer* no *software* ArcGis. As classes utilizadas são: <50m, 50-100m, 100-150m e >150m (Figura 35).

6.2.1.2 Pesos dos Fatores

Os fatores predisponentes descritos na Seção 6.2.1.1 foram avaliados a fim de se estabelecer a correlação entre a suscetibilidade a MGM e definir as classes de cada fator, levando em conta as características da área de estudo. Os pesos atribuídos às classes e aos fatores evoluíram ao longo do trabalho e por fim chegou-se aos valores apresentados na Tabela 2. Aos fatores categóricos, como a geologia, forma das encostas, distância das áreas urbanizadas/antropizadas e distância dos cursos d’água, foram atribuídos pesos com valores

fuzzy às classes com base nos conhecimentos obtidos em campo e na bibliografia consultada. No caso de fatores com valores contínuos, como a declividade, os pesos foram obtidos pela fuzzyficação dos dados utilizando uma equação linear considerando os valores utilizados por outros autores (CPRM & IPT, 2014; FERNANDES *et al*, 2001) e também as características da área de estudo.

A litologia é um dos mais importantes fatores condicionantes de MGM (TSANGARATOS *et al*, 2018), e este fator foi mapeado em detalhe no presente estudo (ANEXO I – Mapa Geológico – Escala 1:10.000). Os pesos de cada unidade litológica foram atribuídos de acordo com observações feitas em campo, levando em consideração o grau de alteração, presença de feições indicativas de deslizamentos (como cicatrizes, rastejo, trincas, árvores inclinadas) e estrutura geológica (a foliação observada nos gnaisses favorece a ocorrência de deslizamentos).

O fator distância das áreas urbanizadas ou antropizadas foi classificado em cinco classes (0m, 0-5m, 5-25m, 25-50m e >50m). Já o fator distância dos cursos d'água foi classificado em quatro classes (<50m, 50-100m, 100-150m e >150m).

A curvatura das encostas foi classificada em côncava, convexa ou retilínea. A Tabela 2 mostra os pesos atribuídos aos fatores e às classes de cada fator. Foram considerados pesos iguais para os cinco fatores predisponentes utilizados na análise (CPRM & IPT, 2014).

Tabela 2: fatores predisponentes e os pesos atribuídos a cada classe, no caso de fatores categóricos, ou as condições a serem utilizadas na fuzzyficação dos dados (elaborada pelo autor).

Fatores	Classes	Pesos das Classes	Pesos dos Fatores
Litologia	Arenito m-g	1	1
	Bt-gnaisse	1	
	Conglomerado	0,95	
	Arenito e conglomerado	0,8	
	Siltito	0,8	
	Arenito m-f	0,6	
	Aluvião	0,2	
Curvatura das encostas	Convexa	1	1
	Retilínea	0,8	
	Côncava	0,6	
Distância das áreas urbanizadas ou antropizadas (m)	0	1	1
	0 < 5	1	
	5 < 25	0,9	
	25 < 50	0,8	
	> 50	0,7	
Distância dos cursos d'água (m)	0 - 50	1	1
	50 - 100	0,9	
	100 - 150	0,8	
	> 150	0,7	
Declividade (°)	se $d = 0^\circ$, peso = 0 se $d \geq 40^\circ$, peso = 1	1 a 0	1

Primeiramente, as classes foram organizadas das mais para as menos suscetíveis. Os pesos foram atribuídos às classes e fatores com base nas suas relações com a suscetibilidade. Após alguns testes com o modelo, os pesos foram ajustados para que refletissem fielmente a realidade local.

A declividade foi o único fator fuzzyfocado através função *Linear* da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Overlay > Fuzzy Membership (linear)* no software *ArcGis 10.4*. Através desta função, foi atribuído valor 0 ao menor valor de declividade da área (0°) e valor 1 a todos os *pixels* que tivessem declividade maior ou igual a 40° . Tsangaratos *et al* (2018) atribuem o valor 1 aos *pixels* com declividade maior que 61° . Já CPRM & IPT (2014) utilizam a declividade de 30° como limite superior (valor *fuzzy* = 1). Fernandes *et al* (2001) utilizam uma faixa crítica de declividade de $37-55^\circ$, a partir da qual não há incremento na

suscetibilidade, e destacam que diversos autores utilizam limites críticos de declividade em análises de suscetibilidade a MGM.

O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa em escala 1:10.000 resultou do cruzamento entre os mapas temáticos de cada fator condicionante presente na área, como descrito acima no item de metodologia (Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos). Cada *pixel* foi classificado de acordo com os índices de suscetibilidade obtidos, com valores entre 0 e 1, representados qualitativamente por classes de muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta suscetibilidade, conforme descrito em Tsangaratos *et al* (2018).

6.2.1.3 Banco de dados geográfico e análise espacial dos dados

Os dados de campo foram armazenados em um banco de dados geográfico, em ambiente SIG, utilizando o *software* ArcGIS 10.4. A espacialização das litologias foi feita através dos pontos coletados em campo, da análise do relevo sombreado (Az 315, inclinação 50°), e das relações geométricas inferidas a partir de dados estruturais de direção e mergulho das camadas sedimentares. A elaboração de seções geológicas auxiliou no entendimento da disposição espacial das unidades, bem como das estruturas geológicas presentes na área.

7 RESULTADOS

O resultado principal deste trabalho é o mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (Seção 7.8 e Anexo II). Conforme descrito no Capítulo 6, cinco fatores predisponentes foram utilizados na elaboração do mapa final. São eles: Litologias (Seção 7.1), Declividade (Seção 7.2), Curvatura das encostas (Seção 7.3), Distância das Drenagens (Seção 7.5), e Distância das Áreas Urbanizadas ou Antropizadas (Seção 7.6.1). Outros resultados obtidos (lineamentos, usos do solo e deslizamentos observados) foram utilizados durante a análise de suscetibilidade da área, mas não foram incluídos Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos (ISD).

7.1 Mapeamento Geológico

A área de estudo está situada na cidade de Blumenau, e abrange o contato da Microplaca Luís Alves com a Bacia do Itajaí. No domínio cratônico, as rochas são biotita ortognaisses leucocráticos ou melanocráticos, enquanto no domínio da bacia predominam conglomerados, arenitos grossos a finos e siltitos, além de depósitos aluvionares (Figuras 18 a 27). As rochas apresentam diferentes graus de alteração, sendo os gnaisses, os arenitos

grossos e os conglomerados os mais intemperizados. O arenito fino é o que se apresenta melhor conservado.

O mapeamento geológico foi feito em uma área de aproximadamente 6km². Conseguiu-se uma boa distribuição dos 50 pontos de mapeamento (Figura 18), exceto na porção centro-norte e leste da área, onde não há como acessar a mata fechada. Os pontos coletados são de maneira geral de fácil acesso, localizados próximos às estradas locais. Foram identificadas sete unidades litológicas na área de estudo, que serão descritas nas seções seguintes.

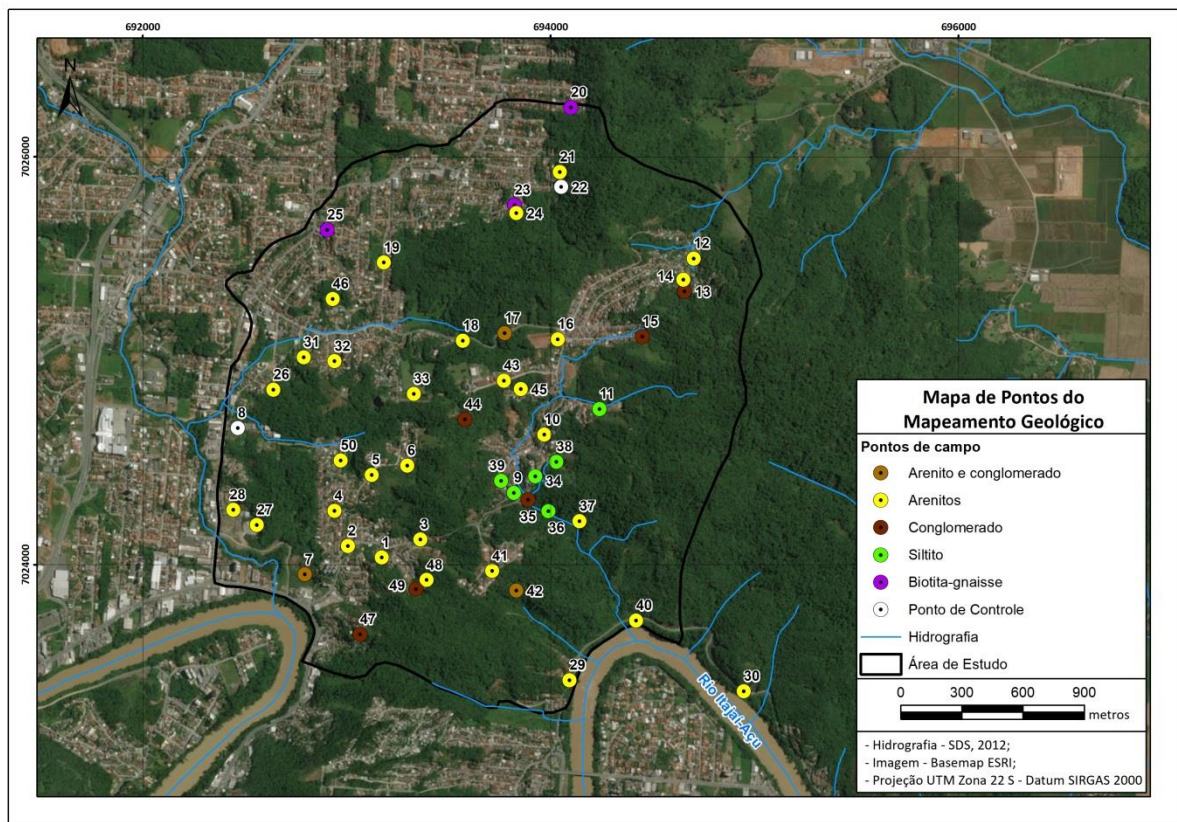


Figura 18: Mapa dos 50 pontos descritos no mapeamento geológico. Elaborado pelo autor.









Era/ Período	Unidades Estratigráficas
Quaternário	<p>Sedimentos Quaternários Sedimentos inconsolidados, compostos por material muito imaturo, de granulometrias variadas. Acumulam-se nos leitos de rios, depressões e planícies.</p> 
Cretáceo	<p>Bacia do Paraná Formação Serra Geral</p>  <p>Dique máfico, afanítico, maciço, preto, oxidado no contato com o conglomerado.</p>
Neoproterozoico	<p>Grupo Itajaí Formação Baú</p>  <p>Conglomerados polimíticos clasto ou matriz sustentados, com estrutura maciça ou imbricada, e gradação normal. A matriz é arenosa grossa, com cor bordô. Os clastos são de quartzito, gnaisse, granitoides, arenito, siltito e outros.</p>  <p>Arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados intercalados, em camadas métricas a centimétricas. Comumente há gradação normal nos pacotes, e arquitetura de canais entrelaçados, com barras de acreção, canais conglomeráticos e arenitos com estratificação cruzada acanalada.</p>  <p>Arenito arcóseo médio a grosso, bordô, imaturo, grãos subangulares, muitas vezes com gradação normal e estratificação cruzada acanalada.</p>  <p>Arenito arcóseo médio a fino, bordô, com estrutura maciça, estratificação cruzada de baixo ângulo ou estratificação plano paralela.</p>  <p>Siltito laminado, avermelhado, intercalado com camadas de arenito médio a fino. Há alternância de lâminas mais claras, com maior conteúdo de areia fina e lâminas avermelhadas siltosas.</p>
Arqueano	<p>Complexo Granulítico de Santa Catarina</p>  <p>Biotita-gnaisse leucocrático, com foliação subvertical, feldspatos estirados, muito alterados, ocorrem também biotita-gnaisse máficos, mas os félsicos predominam.</p>

Figura 19: Coluna estratigráfica da área de estudo. Elaborado pelo autor.

7.1.1 Complexo Granulítico de Santa Catarina

O CGSC ocorre na porção NW e cobre apenas 10% da área de estudo. Foram visitados três pontos (PNE 020, 023 e 025) sobre esta unidade. Segue abaixo a descrição da unidade geológica mapeada no domínio do CGSC:

Biotita-ortognaisse leucocrático: rocha gnáissica, com feldspatos estirados e biotitas alinhadas, marcando uma foliação subvertical com direção NNW ou ESE. Encontra-se muito intemperizada, com cores brancas ou avermelhadas.

O contato entre a Microplaca Luís Alves e a Bacia do Itajaí ocorre na porção NW da área de estudo (Figura 27, p.53) e foi mapeado, porém não foram observados afloramentos onde o contato entre o arenito e o biotita-gnaisse fosse visível. Entretanto, há dois afloramentos (PNE 023 e 024) onde a relação de contato entre as rochas da microplaca e da bacia fica evidente. Localizam-se na rua Francisco Reinert, n° 125: o primeiro afloramento fica posicionado na rua (cota 80m), constituído de gnaisses leucocráticos com veios centimétricos de quartzo, bastante alterados, com foliação (bandamento gnáissico) 105/65; e mais acima, atrás de uma casa, na cota 110m, há um afloramento de arenito arcóseo médio a grosso, com estratificação cruzada acanalada e S_0 160/15. Há uma diferença notável de declividade entre o domínio da bacia e da microplaca, e em geral as rochas da microplaca estão mais intemperizadas que as rochas da bacia.



Figura 20: à esquerda, afloramento de gnaiss leucocrático, com foliação vertical evidente; à direita, detalhe do aspecto da rocha, com feldspatos alongados marcando a foliação (PNE025).

7.1.2 Grupo Itajaí

As litologias predominantes na área de estudo são os arenitos arcóseos, de coloração bordô e os conglomerados polimíticos com matriz arenosa bordô. Foram observadas camadas com mais de uma dezena de metros e também camadas métricas a centimétricas. Frequentemente havia diminuição do tamanho de grão da base para o topo das camadas e dos pacotes observados principalmente em cortes de estrada e de taludes. Mas o contrário também ocorre, com aumento do tamanho de grão da base para o topo do pacote. Este é o caso do vale na porção SW da área de estudo, onde afloram arenitos médios a grossos na base, sobrepostos por arenitos conglomeráticos, lentes de conglomerado, lentes de siltito, e por uma espessa camada (15-20 m) de conglomerado no topo da seção (Figuras 25 e 26). Em outros locais observam-se os conglomerados na base do pacote, seguidos de conglomerado matriz sustentado, arenito conglomerático, arenito grosso e arenito médio.

Conglomerados: conglomerados polimíticos clasto sustentados a matriz sustentados, com matriz arenosa bordô muito similar aos arenitos médios a grossos. Os clastos variam de seixos a blocos com mais de 20 cm de diâmetro, e são de litologias como quartzitos, gnaisses, arenitos e granitoides. São sub-arredondados e pouco esféricos. A estrutura da rocha geralmente é maciça, mas pode apresentar gradação normal ou mais raramente imbricamento dos clastos. A espessura das camadas é variável, e pode atingir dezenas de metros. Encontra-se muito intemperizado na área de estudo, exceto pelo afloramento PNE050 (Figura 20, à esquerda).



Figura 21: à esquerda, aspecto do conglomerado não alterado, com estrutura maciça (PNE050); à direita, amostra de conglomerado muito alterado, com clasto argilizado (branco) (PNE044).

Arenitos e conglomerados: Pacotes que apresentam alternância de arenitos médios a grossos, arenitos conglomeráticos, e lentes de conglomerado. Os conglomerados são polimíticos, clasto a matriz sustentados; os arenitos são mal-selecionados, com grãos sub-angulosos, coloração bordô, sendo classificados como arenitos arcóseos (Figura 21). Pode-se observar estratificação cruzada acanalada nos arenitos, e o pacote como um todo tem arquitetura de depósitos de canais entrelaçados, com canais conglomeráticos e barras arenosas. Os pacotes podem ter espessuras de dezenas de metros.



Figura 22: à esquerda, arenito grosso com nível conglomerático (PNE033); à direita, lente de conglomerado em meio a camadas de arenito médio a grosso (PNE007).

Arenitos médios a grossos: arenitos arcóseos, de coloração bordô, mal selecionados, com grãos sub-angulosos (Figura 22). Apresentam estruturas variadas: estratificação plano-paralela, estratificação cruzada acanalada, estratificação cruzada plano-paralela, estratificação cruzada de baixo ângulo, *mega-ripples* ou estrutura maciça. As camadas têm espessuras que variam de centimétricas a métricas.



Figura 23: à esquerda, vista de um deslizamento em um talude artificial composto de arenito grosso, ao lado de uma casa (PNE001); à direita, amostra de arenito grosso (PNE010).

Arenitos médios a finos: arenitos de coloração bordô, sub-arredondados, classificados como arenitos arcóseos, com estratificação cruzada de baixo ângulo, estratificação plano paralela, ou maciços. As camadas têm espessuras que variam de centimétricas a métricas (Figura 23).



Figura 24: à esquerda, afloramento de arenito médio a fino, com estratificação cruzada de baixo ângulo; à direita, detalhe do arenito fino, bordô (PNE024).

Siltitos: siltitos avermelhados, laminados. Ocorrem na porção central da área de estudo, sobre conglomerados (Figura 24). As camadas de siltito são espessas, chegando a uma dezena de metros. Nos locais onde foram observados, os siltitos tinham grau médio de intemperismo, e não constituíam encostas estáveis, por sua estrutura laminada.



Figura 25: à esquerda, afloramento de siltito, com intercalações de arenito fino. Notar a proximidade do talude com a casa do lado direito e a grande inclinação do mesmo. À direita, detalhe do siltito avermelhado laminado (PNE034).

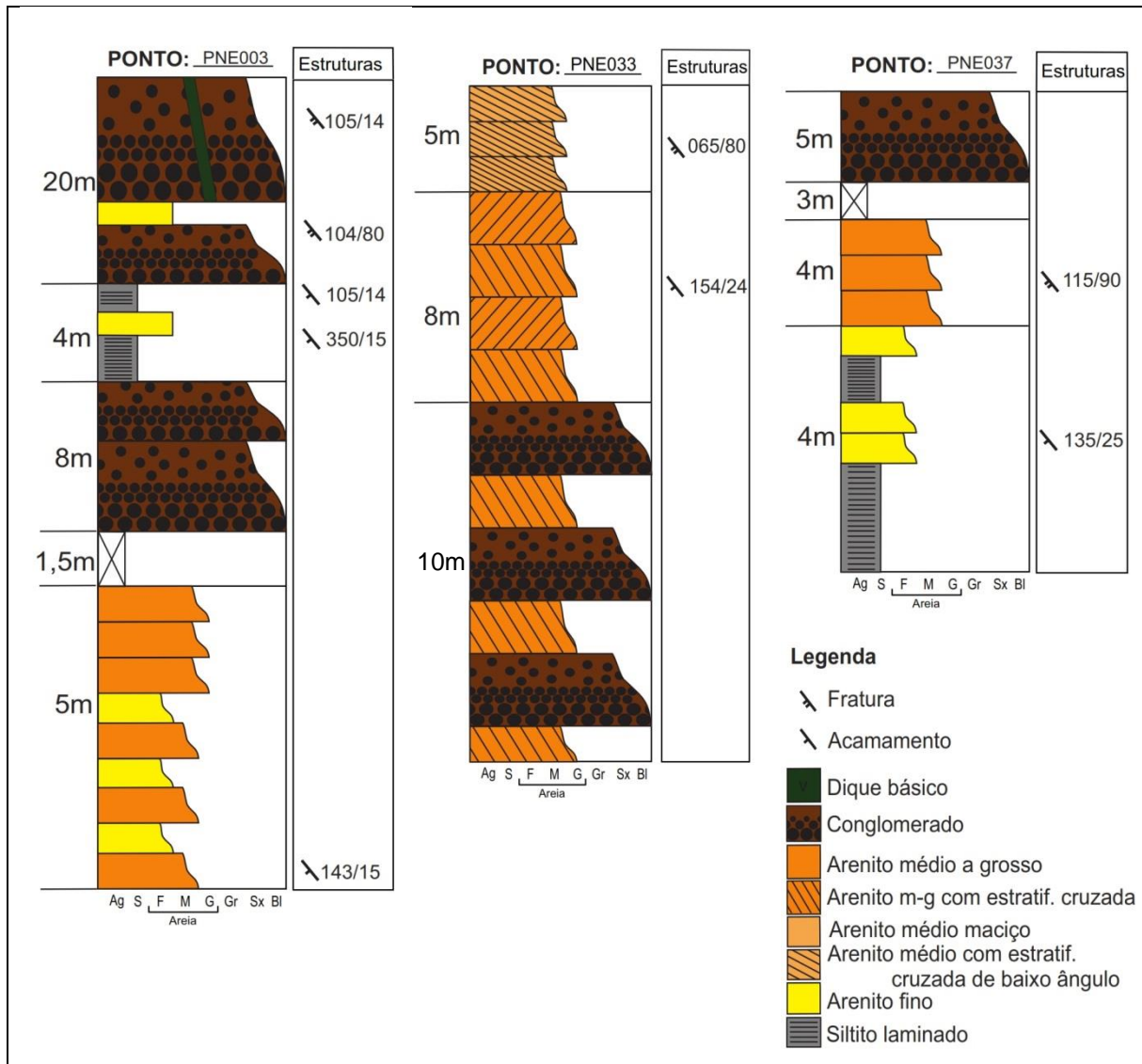


Figura 26: seções estratigráficas esquemáticas dos pontos PNE003, 033 e 037. Elaborado pelo autor.

7.1.3 Sedimentos Quaternários

Depósitos aluvionares: depósitos sedimentares recentes, localizados nas áreas planas próximas às drenagens. Compostos de material inconsolidado proveniente das encostas, de litologias variadas. Em geral o material é muito mal selecionado, pela proximidade com as áreas fonte, e pode conter matações, areia, silte e argila.

7.1.4 Geologia Estrutural

O controle estrutural sobre o relevo da área de estudo é bastante evidente, com algumas feições marcantes, como o vale que atravessa a parte central da área com direção NNE-SSW, alinhado com um braço do rio Itajaí-Açu (Figuras 33 e 34). As cristas dos morros são alinhadas com direção ENE-WSW, concordantes com o *strike* das camadas, com a zona

de contato entre as rochas da bacia e do embasamento, e com a fase deformacional D1 (Seção 3.2.1).

Foram observadas e medidas estruturas de caráter rúptil e dúctil durante as etapas de mapeamento (Figuras 25 a 29). As fraturas são subverticais e têm duas direções principais: (N45E e N30W) e as camadas mergulham em média 15° para o sentido Az 153.

A estrutura mais importante da área de estudo é o contato da Bacia do Itajaí com a Microplaca Luís Alves, que tem direção NE-SW e aparenta ser um contato deposicional (Figura 25). Baseado nisso, pode-se dizer que o pacote rochoso na borda da bacia evoluiu em um ambiente de retração da escarpa de falha do cráton (denudação). O modelo deposicional seria de leques aluviais coalescentes, onde os pacotes têm gradação inversa e as camadas têm gradação normal. Os pacotes apresentam adelgaçamento das camadas de arenito em direção ao topo. Já as camadas de conglomerado tornam-se mais espessas para o topo dos pacotes (Figura 26 - PNE003).

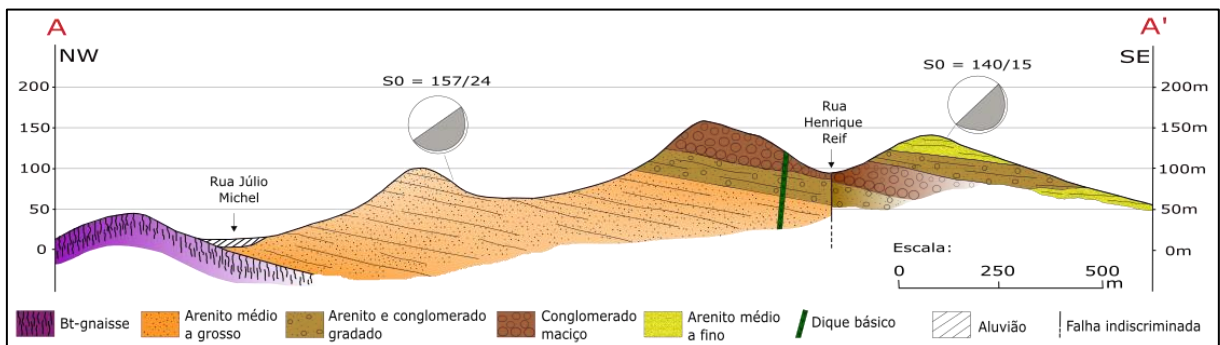


Figura 27: seção geológica esquemática mostrando a relação de contato entre o embasamento e as rochas da bacia. Exagero vertical 2x. Elaborado pelo autor.

Como as camadas da bacia mergulham para SE, pode-se esperar que as encostas orientadas para este sentido sejam mais suscetíveis a movimentos de massa que aquelas viradas para outros sentidos. A intersecção de planos de acamamento e de fraturas pode gerar áreas suscetíveis a deslizamentos em cunha, translacionais e quedas de blocos (TOMINAGA *et al*, 2009). Entretanto, o fator orientação das encostas não foi levado em consideração neste trabalho.

Já no gnaíse, a foliação subvertical também tem um papel importante na formação de áreas instáveis, pois as superfícies de ruptura de encostas podem se desenvolver paralelas à foliação (TOMINAGA *et al*, 2009).

As medidas estruturais da área foram feitas com bússola *Clar*, com notação de trama (*dip direction/ dip*). As estruturas mais comuns na área são o acamamento sedimentar S_0 , as fraturas subverticais e a foliação (observada no gnaíse). Foram obtidas 46 medidas de S_0 , que em sua maioria mergulham entre 10-20° para SE, como mostra a Figura 27. O acamamento é mais bem definido nas camadas de arenito e siltito, e menos no conglomerado. Nos conglomerados maciços geralmente não é possível identificar a S_0 .

Quanto às fraturas, foram coletadas 40 medidas. Predominam fraturas subverticais, e as direções variam entre N30-60W e N30-60E, como mostra a Figura 29. Nos afloramentos, isso se traduz em um padrão de fraturamento que forma interseções entre os planos e favorece a formação de áreas instáveis (quedas de blocos – Seção 4.1; e deslizamentos em cunha Seção 4.2.3).

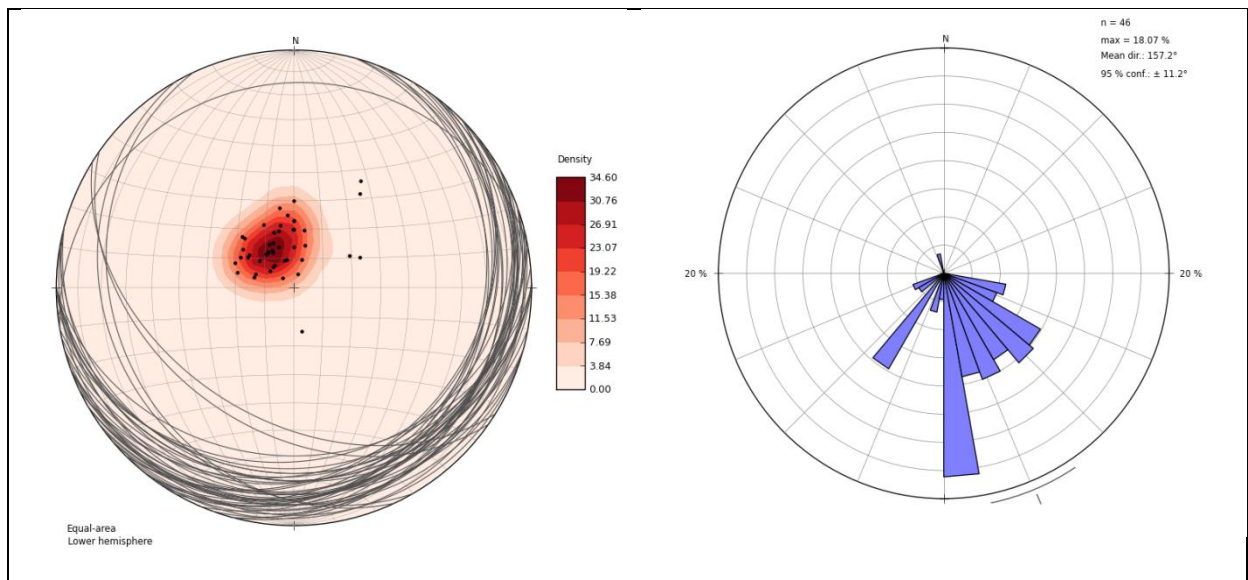


Figura 28: à esquerda, estereograma com os planos de acamamento (linhas cinza) e os polos, mostrando a predominância de mergulhos suaves; à direita, diagrama de roseta que mostra o predomínio de mergulhos para SE (média = Az 157). Elaborado pelo autor.

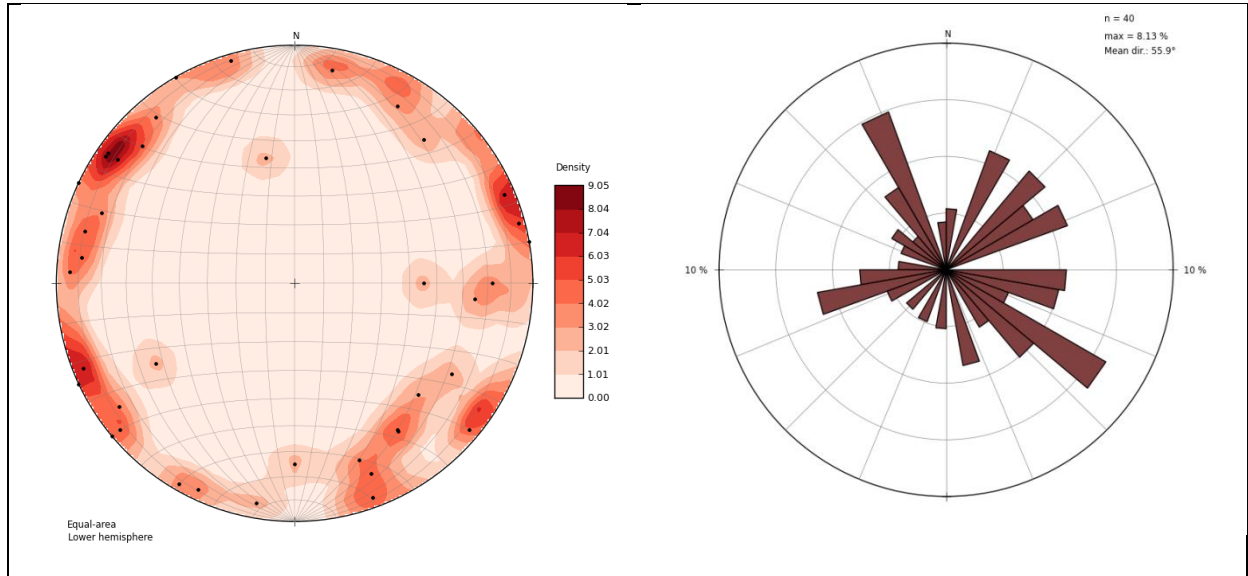


Figura 29: à esquerda, estereograma com os polos dos planos de fratura, mostrando a predominância de planos subverticais; à direita, diagrama de roseta que mostra a existência de quatro famílias de fraturas. Elaborado pelo autor.

Além dos dados de S_0 e de fraturas, foram registrados dois diques (PNE003 e PNE042) na área de estudo. O dique do ponto PNE003 encontra-se encaixado no conglomerado, e estava muito alterado, tem composição máfica (a julgar pela forte oxidação aparente), com coloração vermelho-amarelado, e 1m de largura. Possui cristais tabulares ainda visíveis de 1mm, matriz afanítica, direção Az 075 e mergulho 70° NE. O segundo dique encontrado (PNE042) tinha cerca de 12cm de espessura, composto de diabásio, coloração preta, afanítico, e com direção Az 140. Está situado na drenagem.

No topo da rua Henrique Reif, (topo da seção do PNE003), foi observada uma face estriada no conglomerado. As estrias têm atitude 003/12 (direção/inclinação), e estão marcadas em um plano subvertical formado por inúmeros clastos fraturados na mesma direção. Este afloramento é a melhor evidência para a existência de uma falha neste local, além dos vales de ambos os lados deste local.

Também foram observadas estruturas de deformação em arenitos no PNE015 e em siltitos no PNE011. Nestes pontos, as camadas encontram-se levemente onduladas no interior do pacote, mas mantêm a orientação geral para SE.

Os dados estruturais coletados em campo são compatíveis com as informações levantadas da literatura (BASEI *et al*, 2011).

7.1.5 Mapa Geológico

Após os trabalhos de campo e compilação dos dados litoestruturais coletados, foi elaborado o mapa geológico da área de estudo (Figura 29 e Anexo I). A geologia das áreas externas à área de estudo é a compilação do mapa geológico 1:20.000 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017) utilizado como base de mapeamento para o presente trabalho.

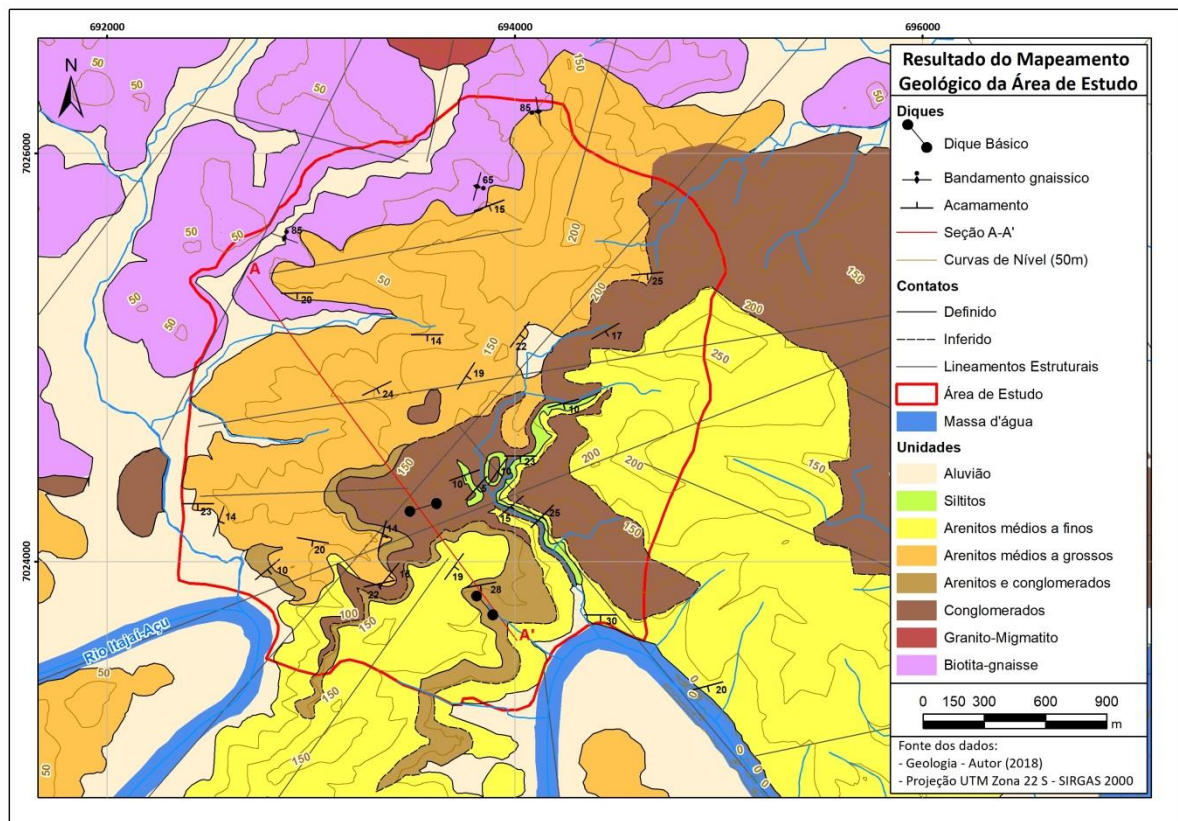


Figura 30: Geologia da área de estudo. A seção A-A' está representada na Figura 27. Elaborado pelo autor sobre base geológica em escala 1:10.000 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

O resultado final do mapeamento geológico está disponível no Anexo I – Mapa Geológico da Área de Estudo, em formato A2, escala 1:10.000.

7.2 Mapa de Declividade

A declividade na área de estudo varia entre 0° e 76° , sendo que diversas encostas apresentam declividade acentuada (Figura 31). Relacionando a declividade com a geologia na área de estudo, foi possível observar que o relevo no domínio da Bacia do Itajaí é muito mais acidentado que na Microplaca Luis Alves, especialmente nas áreas próximas ao contato, onde tal diferença condiciona a expansão da urbanização. O relevo formado sobre a Microplaca Luis Alves (dentro da área de estudo) tem declividade média de 13° (média aritmética entre

os valores de declividade de cada *pixel*), enquanto na Bacia a declividade média varia de 19 a 25,7°, conforme a litologia. Os siltitos são a unidade que apresenta maior declividade (25,7°), seguido dos conglomerados (24,1°), dos arenitos e conglomerados (23,3°), arenitos médios a finos (20,4°), e arenitos médios a grossos (19,5°). Na área onde ocorrem os depósitos aluvionares a declividade é próxima a zero.

Foi determinado que a correlação com a suscetibilidade a movimentos de massa é total (valor *fuzzy* = 1) quando a declividade é maior que 40°, e que essa correlação cai pela metade (0.5) quando a declividade é igual a 20°.

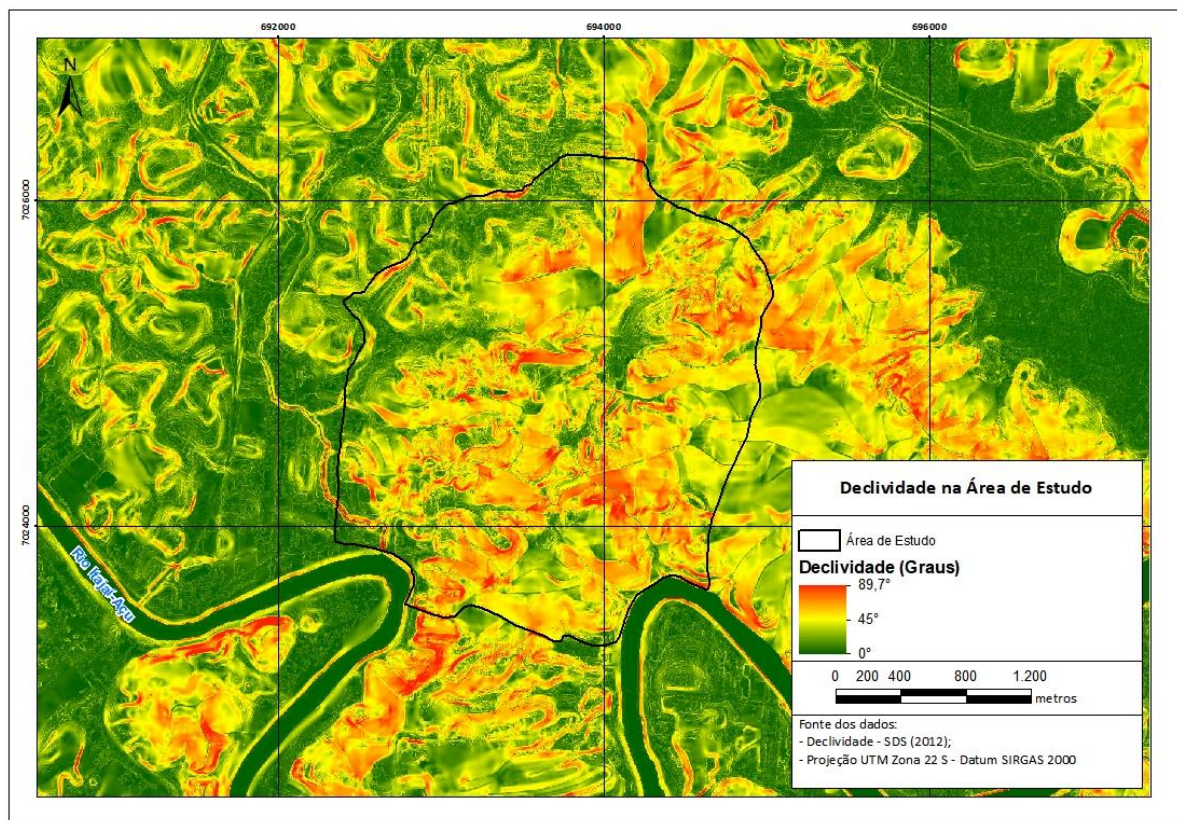


Figura 31: declividade na área de estudo. Percebe-se que na porção NW da área de estudo a declividade é baixa, e coincide com a área de ocorrência dos gnaisses. Fonte: elaborado a partir de dados da SDS (2012).

7.3 Curvatura das encostas

O fator curvatura das encostas faz uma diferença sutil no detalhamento do índice de suscetibilidade. Foram utilizadas três classes de curvatura: côncava, convexa e retilínea, que podem ser observadas na Figura 32. Fernandes *et al*, (2001, p. 4) afirmam que as formas côncavas em encostas tendem a ser mais instáveis, pois “estas representam zonas de convergência de fluxos tanto superficiais quanto subsuperficiais”. Esta convergência causa o

aumento da poro-pressão e conseqüente diminuição da força capilar entre as partículas, o que instabiliza as encostas.

A Tabela 3 mostra a área ocupada por cada classe e a porcentagem em relação à área total. Predominam as formas retilíneas, que representam cerca de 50% da área de estudo e estão nas encostas. As formas côncavas localizam-se principalmente nos vales entre encostas (Figura 32) e ocupam 23,15% da área; já as formas convexas predominam nas cristas dos morros, e ocupam aproximadamente 26% da área de estudo.

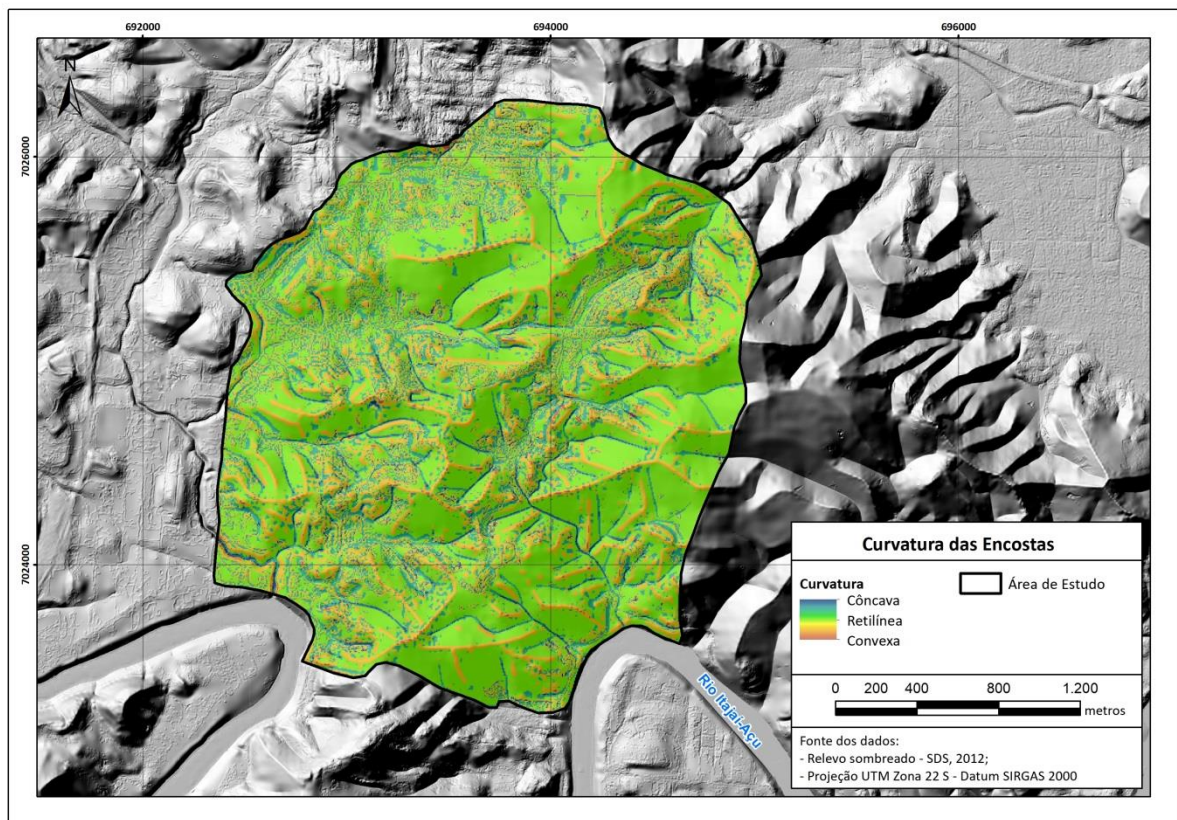


Figura 32: Curvatura das encostas na área de estudo. Elaborado pelo autor a partir de dados da SDS.

Tabela 3: área ocupada por cada classe de curvatura na área de estudo e suas porcentagens em relação ao total. Elaborado pelo autor.

Curvatura	Área (hectares)	Área %
Côncava	136,87	23,15
Retilínea	301,00	50,91
Convexa	153,35	25,94
Total	591,22	100,00

7.4 Lineamentos

Os lineamentos na área de estudo têm direção geral concordante com o contato entre a bacia e o embasamento (NE-SW, apresentado no Mapa Geológico – Figura 30), e com a fase deformacional D1 sofrida pela Bacia do Itajaí (Basei *et al*, 2011) que tem direção ENE-WSW. Alguns lineamentos têm direção concorcorcordante com as estruturas nas quais estão encaixados os braços do rio Itajaí-açu, com direção NE-SW e NW-SE (Figuras 33 e 34).

Há duas direções principais de lineamentos na área de estudo. Com direção ENE-WSW estão as cristas alongadas dos morros, que se encontram alinhadas entre si e separadas por uma grande estrutura que atravessa a porção central da área, formando um vale com direção N30E, onde se estabeleceu a maior parte da urbanização na área de estudo. Na parte central há uma pequena bacia suspensa (Figura 34), na cota 65m, enquanto a planície de inundação do rio Itajaí-açu está na cota 10m. É uma bacia suspensa 55m acima da planície, controlada pela estrutura que divide a área ao meio, com direção N30E. Este vale é a estrutura mais importante da área de estudo e representa a continuação da estrutura de um dos braços do rio Itajaí-açu, com direção N45E (Figura 33).

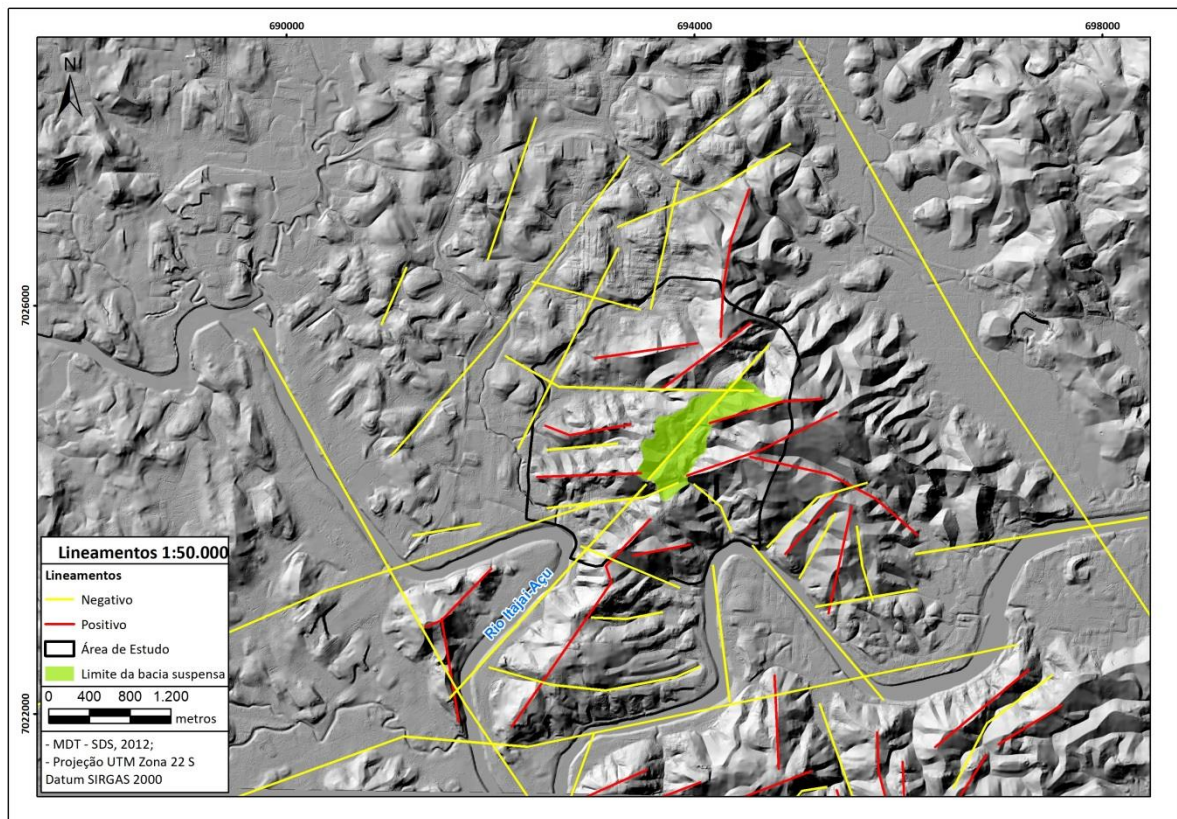


Figura 33: Lineamentos estruturais da área de estudo, traçados em escala 1:50.000 sobre MDT (SDS, 2012) sombreado da direção Az315 com inclinação de 50°. Elaborado pelo autor

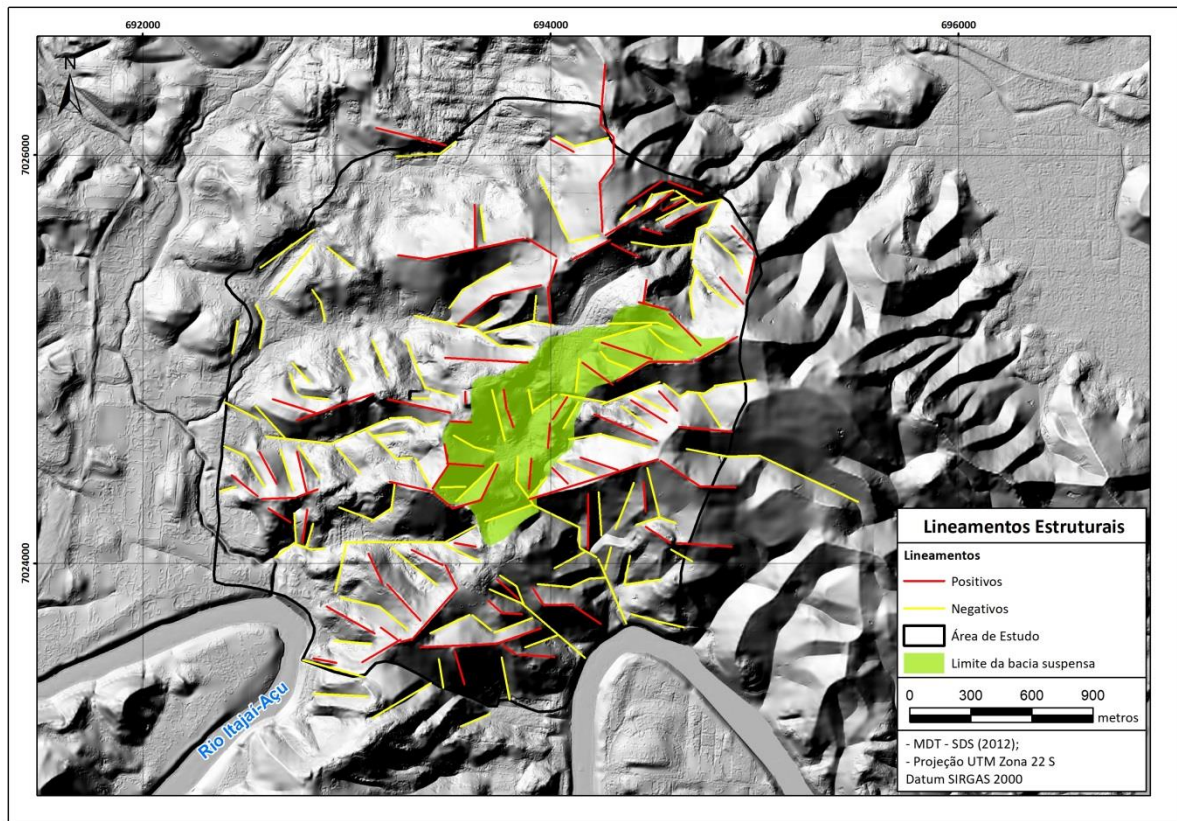


Figura 34: Lineamentos estruturais da área de estudo, traçados em escala 1:10.000 sobre MDT (SDS, 2012) sombreado da direção Az315 com inclinação de 50°. Elaborado pelo autor

7.5 Distância das Drenagens

Durante as atividades de mapeamento geológico foi observado que as rochas encontram-se mais intemperizadas nas encostas situadas próximas a cursos d'água. Além disso, os cursos d'água da área de estudo encontram-se encaixados em estruturas geológicas, o que aumenta a suscetibilidade destas encostas aos movimentos de massa. (TSANGARATOS *et al*, 2018).

A Figura 35 mostra as áreas localizadas a até 50m, 50-100m, 100-150m (tons de azul) e a mais de 150m (verde) de cursos d'água. Tsangaratos *et al*, (2018) utilizam apenas 3 classes: <50m, 50-100m e >100m. Entretanto, optou-se por utilizar quatro classes para abranger também as estruturas onde a hidrografia encontra-se encaixada.

Considerando a geologia mapeada, os cursos d'água se desenvolvem principalmente sobre a unidade de conglomerados, mas também sobre os arenitos e conglomerados, sobre os arenitos médios a grossos e sobre os arenitos médios a finos. Não há registro de cursos d'água (SDS, 2012) sobre a Microplaca Luis Alves, e durante as etapas de campo também não foram observados cursos d'água perenes neste domínio, sendo que toda a drenagem desta porção da

área de estudo ocorre em cursos d'água efêmeros (aqueles que existem somente durante ou imediatamente após eventos chuvosos). Quanto aos nomes dos rios presentes na área de estudo, nenhum tem um nome oficial, pois se tratam de córregos de pequeno porte que drenam o relevo da Bacia do Itajaí correndo sobre o substrato rochoso. Estes córregos encontram-se parcial ou totalmente inseridos em áreas urbanas, e muitas vezes as moradias localizam-se em Áreas de Preservação Permanente (APPs). As APPs hídricas na área de estudo representam uma faixa de 30m para cada lado dos córregos, segundo a Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012b).

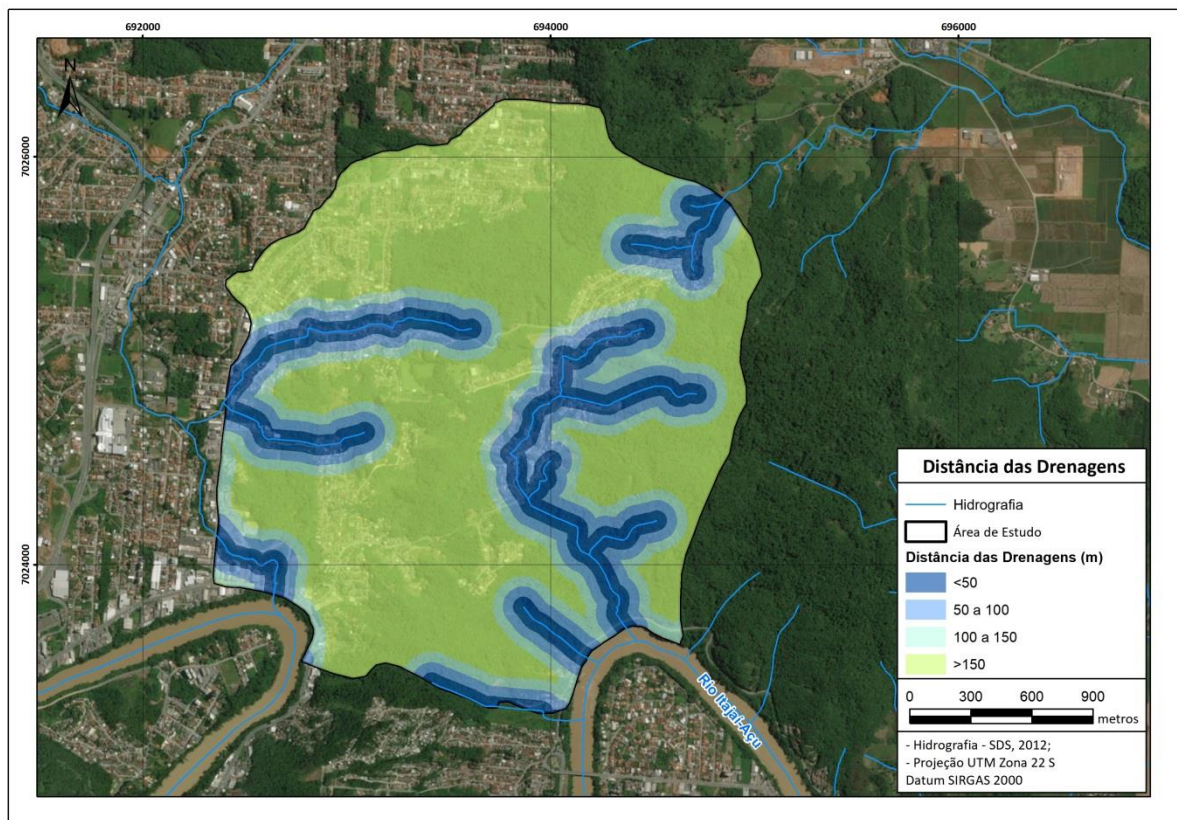


Figura 35: Mapa de distância das drenagens. Elaborado pelo autor a partir da hidrografia em escala 1:10.000 (SDS, 2012).

7.6 Mapa de Usos do Solo

As classes identificadas na área estão representadas na Figura 36 e são as seguintes: a) Áreas Urbanizadas (29,31%); b) Áreas Antropizadas (2,11%); c) Corpo d'água (0,14%); d) Vegetação Arbórea (67%); e) Áreas Desmatadas (1,43%) (Tabela 4).

Durante os trabalhos de campo (Figura 37), foram observados taludes artificiais mal planejados, com inclinações superiores a 45° e próximos às moradias. Em muitos destes, inclusive, haviam ocorrido deslizamentos (seção 7.7).

A classe água ocorre na porção SW da área de estudo, próxima ao rio Itajaí, mas não é possível vê-la na Figura 36 pois a escala não permite. As áreas antropizadas estão em alguns pontos próximos às áreas urbanizadas e ocupam 12,5 hectares. As áreas desmatadas também estão próximas à urbanização, e ocupam 8,5 hectares. No vale central da área de estudo, e nas porções NW e SE estão as áreas urbanizadas, que ocupam quase 30% da área e ocorrem intercaladas com as áreas de vegetação arbórea, que predomina sobre as outras classes e ocupa 67% da área de estudo.

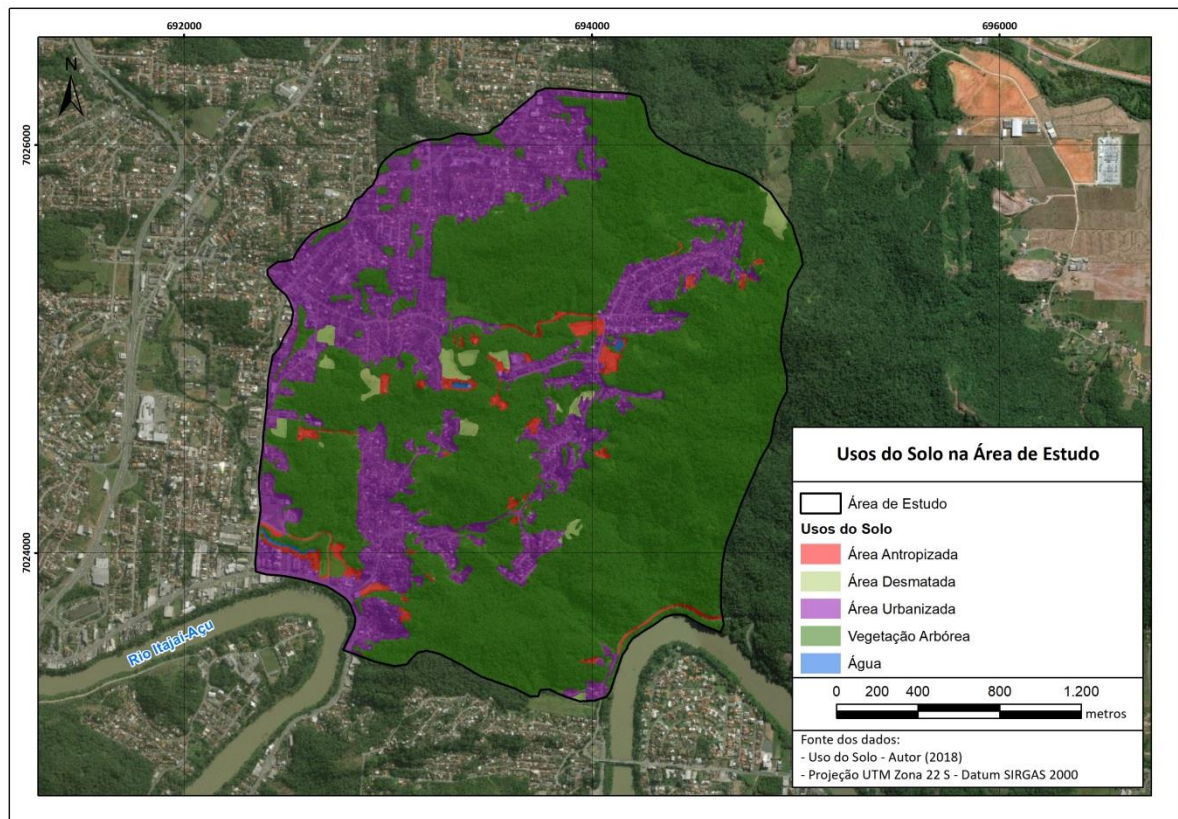


Figura 36: usos do solo na área de estudo. Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 4: Áreas ocupadas por cada classe de uso do solo e suas respectivas porcentagens em relação à área total. Elaborado pelo autor.

Uso do solo	Área (ha)	%
Água	0,85	0,14
Área Antropizada	12,49	2,11
Área Desmatada	8,48	1,43
Área Urbanizada	173,29	29,31
Vegetação Arbórea	396,13	67,00
Área total	591,24	100,00



Figura 37: à esquerda, área antropizada, recoberta no topo por vegetação arbórea; à direita, área urbanizada.

7.6.1 Distância das Áreas Urbanizadas/Antropizadas

O fator distância das áreas urbanizadas ou antropizadas é um produto derivado do mapeamento de usos do solo (seção 7.6) e está representado na Figura 38. Foram definidas pelo autor cinco faixas de distância: 0m (zero metros, que representa as próprias áreas urbanizadas ou antropizadas), 0-5m, 5-25m, 25-50m e maior que 50m. Outros autores utilizam classes diferentes, como Tsangaratos *et al* (2018), que definem classes de <50m, 50-100m e >100m. Neste trabalho optou-se por utilizar cinco classes para atender às especificidades da área de estudo, conforme já mencionado anteriormente.

Durante os trabalhos de campo, observou-se que frequentemente as áreas próximas à urbanização encontram-se instabilizadas pela ação antrópica (pela realização de cortes de taludes e drenagens inadequadas nas bases de encostas), aumentando a suscetibilidade a deslizamentos nestes locais. Esta informação é corroborada pelo inventário de movimentos gravitacionais de massa de Blumenau (BLUMENAU, 2008), onde a maior parte dos deslizamentos ocorreu em áreas urbanas ou próximas a elas.

A Tabela 5 contém os quantitativos de pontos de deslizamentos por classe de distância das áreas urbanizadas/antropizadas. A primeira classe é a que contém mais pontos, (34,4% do total) e ocupa 30,8% da área (0,28 deslizamentos por hectare). A classe de 5-25m é a segunda mais significativa, com 30,5% dos pontos e apenas 11,9% da área (0,65 deslizamentos por hectare). A classe de >50m fica em terceiro lugar na quantidade de pontos, entretanto a relação de deslizamentos por hectare é muito reduzida (0,09 deslizamentos por

hectare) devido à sua grande área (43,8%). Em quarto lugar está a classe de 0-5m, que abriga contém 17 pontos de deslizamentos e apenas 4% da área, o que torna esta classe aquela com a maior relação de pontos de deslizamentos por área (0,71 deslizamentos por hectare). Por fim, a classe de 25-50m contém 12 pontos de deslizamentos e 9,4% da área, com uma relação de 0,21 deslizamentos por hectare. Vale destacar que quase 85% dos pontos do inventário estão a menos de 50m de áreas urbanizadas.

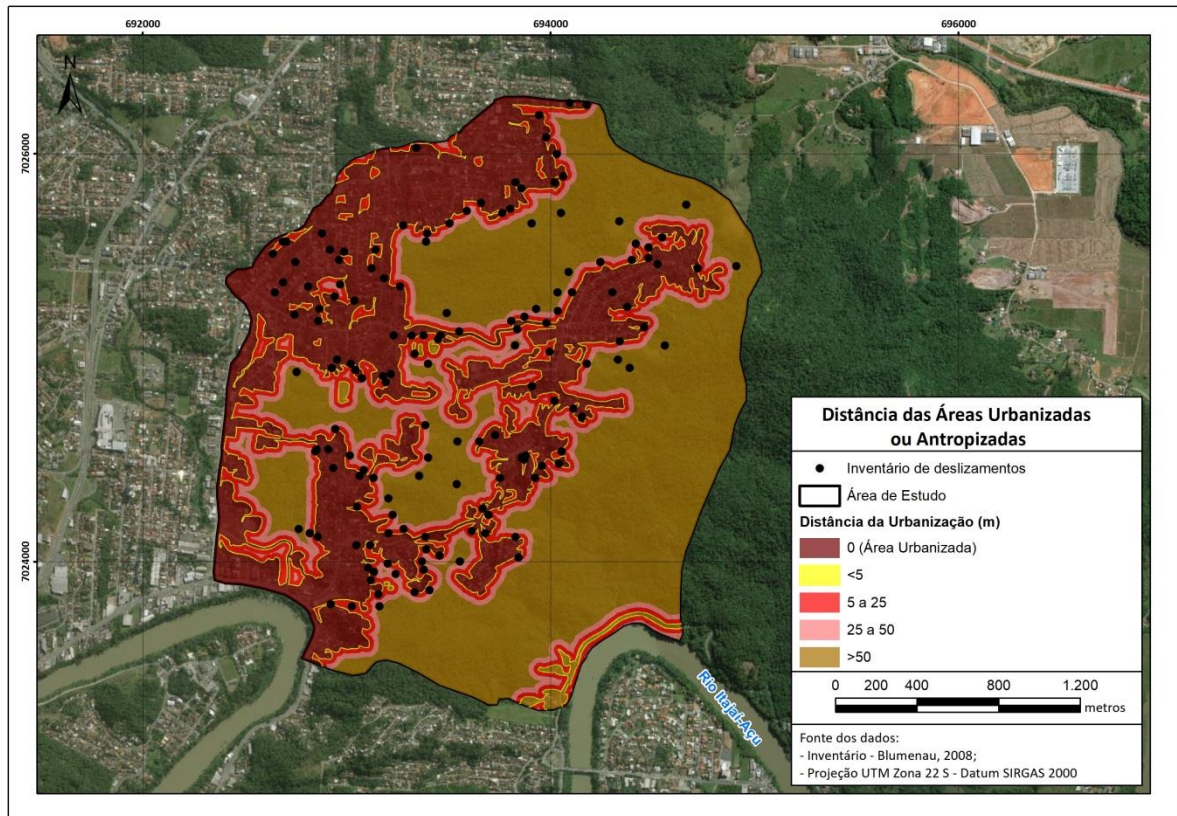


Figura 38: Mapa de distância das áreas urbanizadas ou antropizadas, com os 151 pontos do inventário de movimentos de massa compilado até o ano de 2008. Elaborado pelo autor.

Tabela 5: Classes do fator distância das áreas urbanizadas/ antropizadas, suas áreas (ha e %), e quantidade de pontos por classe e suas porcentagens em relação ao total de pontos. Elaborado pelo autor utilizando dados do Inventário de Deslizamentos (BLUMENAU, 2008).

Classe	Área (hectares)	Área %	Pontos Inventário	Pontos %
0m (Área Urbanizada)	182,12	30,80	52	34,44
0-5m	23,94	4,05	17	11,26
5-25m	70,42	11,91	46	30,46
25-50m	55,69	9,42	12	7,95
>50m	259,07	43,82	24	15,89
Total	591,24	100,00	151	100,00

7.7 Deslizamentos Observados em Campo

Durante os sete dias de campo realizados na área de estudo, foram observados alguns deslizamentos ocorridos no início de janeiro de 2018, quando houveram fortes chuvas no estado de Santa Catarina. Os tipos observados foram o deslizamento em cunha (ponto 50), deslizamento translacional (pontos 1, 2, 5, 25, 49 e 50) e queda de blocos (ponto 37) (Figura 39). Além destes também foram registradas evidências de instabilidade nos taludes, como rastejo e a presença de árvores inclinadas (pontos 1 e 4).

Não foi observado nenhum deslizamento recente em áreas naturais durante o trabalho de campo, apenas nas áreas urbanizadas, evidenciando mais uma vez o grande impacto que a urbanização desordenada causa à estabilidade das encostas. Os deslizamentos e cicatrizes observados eram de pequeno porte e ocorreram em taludes artificiais (Figuras 39 e 40).

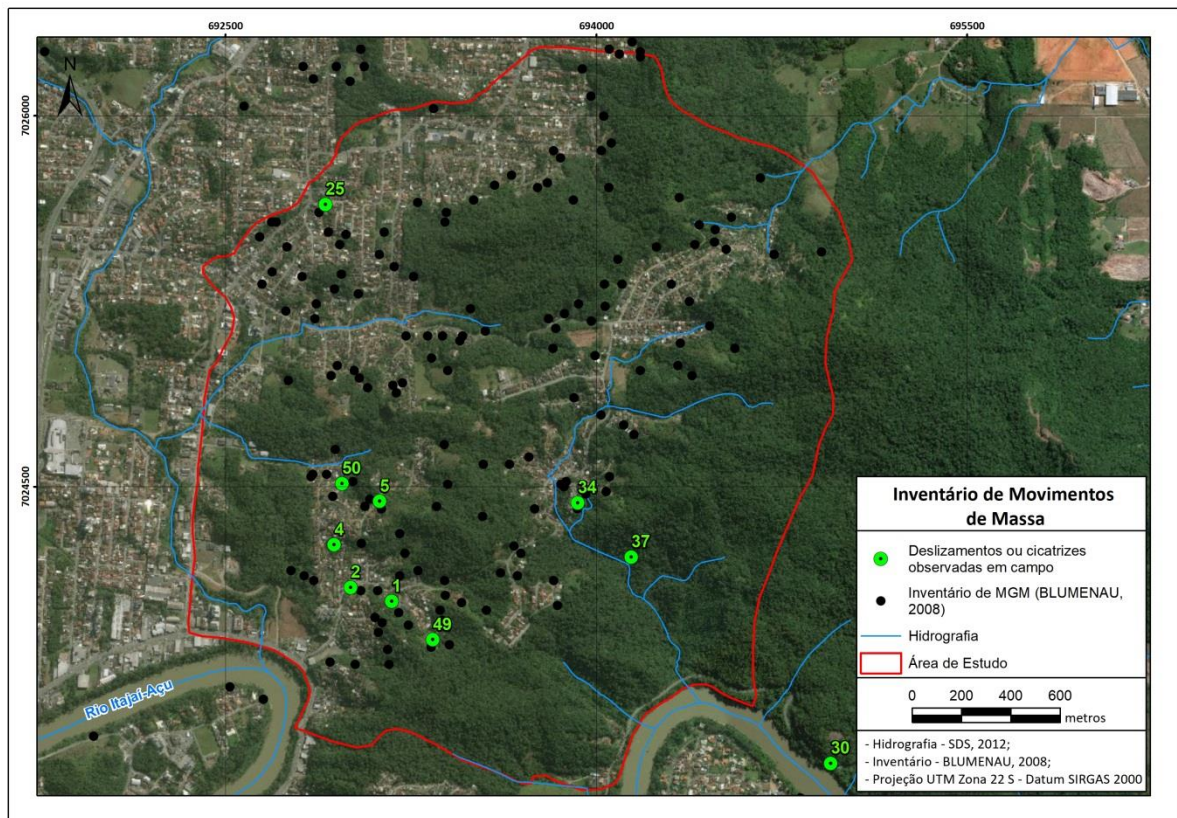


Figura 39: área de estudo com os 10 pontos de deslizamentos ou cicatrizes observadas em campo, e com os pontos do inventário de MGM (BLUMENAU, 2008).



Figura 40: a) PNE001 - deslizamento translacional, observar a superfície de ruptura plana; b) PNE002 - deslizamento translacional próximo a casas; c) PNE030 - deslizamento em cunha condicionado por fraturas de direção N-S e NE-SW; d) PNE001 - rastejo em taludes artificiais, protegidos da chuva por lonas.

7.8 Mapa de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa

O modelo de suscetibilidade a MGM passou por uma fase de testes até atingir sua configuração final. Ao todo foram gerados sete modelos, que passaram por ajustes nos pesos dos fatores, nos pesos das classes, e no tamanho de *pixel*. Por fim, foram utilizados os pesos descritos na seção 6.2.1 (Tabela 2) e foi definido o tamanho de *pixel* de 5x5 metros.

O mapa de suscetibilidade é o produto final deste trabalho, em escala 1:10.000. O resultado inicial do cruzamento entre os fatores predisponentes gera o ISD para cada *pixel* com valores *fuzzy* (os valores variam de 0 a 1). Então, os valores obtidos do ISD são

classificados em cinco classes, pelo método *Natural Breaks (Jenks)*: muito baixa (0,48-0,63 - verde escuro) baixa (0,63-0,72 - verde claro), média (0,72-0,78 - amarelo), alta (0,78-0,84 - laranja) e muito alta (0,84-0,99 - vermelho).

A Tabela 6 mostra a área ocupada por cada classe, porcentagem em relação à área total, quantidade de pontos de deslizamentos em cada classe e porcentagem do total de pontos em cada classe.

Na Figura 41 pode-se observar a distribuição dos pontos do inventário de movimentos de massa da Prefeitura de Blumenau até o ano de 2008 (BLUMENAU, 2008), em relação à classificação de suscetibilidade obtida para a área. Conforme descrito na Tabela 6, 69% dos pontos do inventário estão contidos nas classes de alta ou muito alta suscetibilidade, mesmo que estas classes juntas representem apenas pouco mais de um terço da área (26,4% e 8,8%, respectivamente).

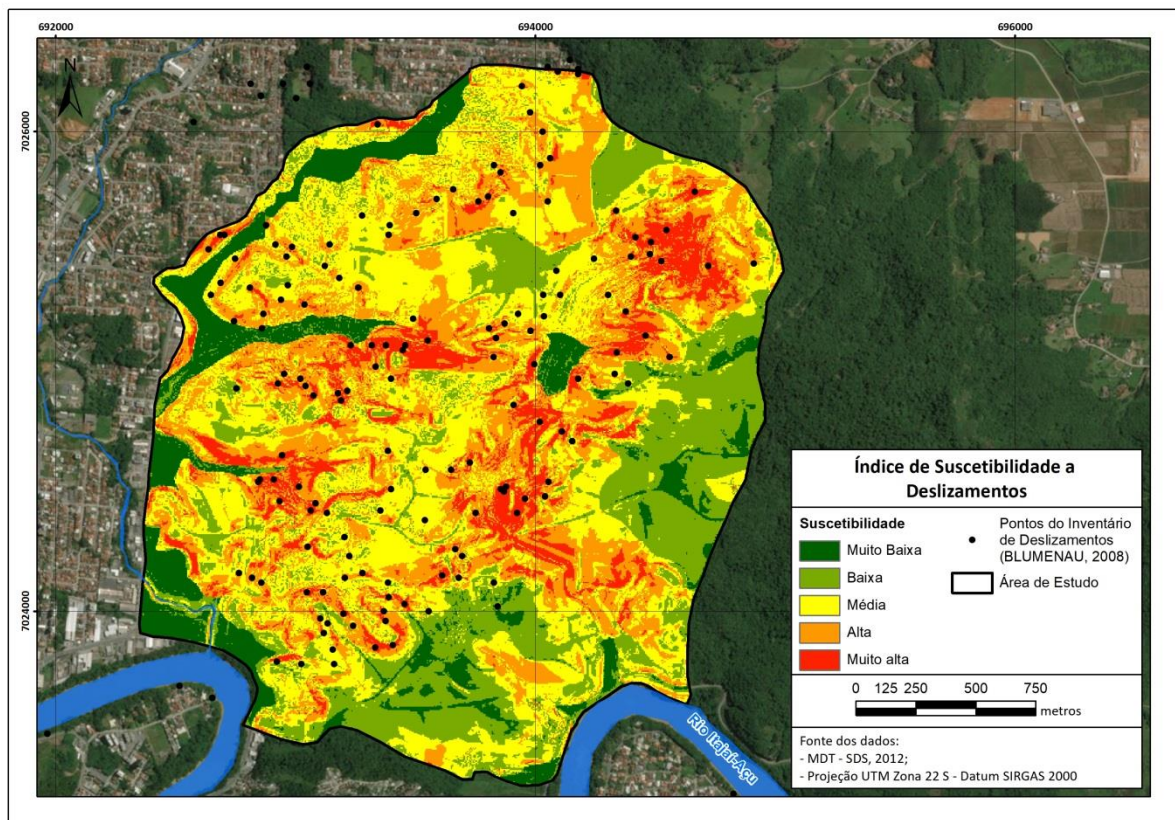


Figura 41: Índice de Suscetibilidade a Deslizamentos na área de estudo. Observar a aderência dos pontos do inventário com as classes de alta e muito alta suscetibilidade. Elaborado pelo autor.

Tabela 6: Área ocupada por cada classe de suscetibilidade e quantidades de pontos e suas porcentagens em cada classe de suscetibilidade. Elaborado pelo autor.

Suscetibilidade	Área em hectares	%	Número de Pontos	Pontos %
Muito Baixa	56,23	9,54	1	0,66
Baixa	126,27	21,41	7	4,64
Média	199,82	33,89	39	25,83
Alta	155,55	26,38	56	37,09
Muito Alta	51,82	8,79	48	31,79
Área Total	589,69	100,00	151	100,00

As áreas mais críticas foram identificadas no mapa de suscetibilidade (Fig.42). Estas áreas foram escolhidas com base no resultado obtido (mapa de suscetibilidade), mas também com base em observações/descrições feitas durante o trabalho de mapeamento geológico e em conversas com moradores locais, que muitas vezes mostraram os lugares onde recentemente haviam ocorrido deslizamentos. Além disso, foram escolhidos locais com grande número de residências, onde futuros deslizamentos poderiam causar grandes danos.

A área 1 (Fig.42) abriga dezenas de moradias, tem pouca infraestrutura (contenções, drenagem, calçamento), a declividade de algumas encostas é muito acentuada e densamente ocupada, há muitos cortes de taludes para construção, os conglomerados na base dos morros encontram-se bastante intemperizados, e há muitas áreas identificadas como de alta suscetibilidade pelo modelo gerado. Na área 2 ocorrem siltitos laminados, que formam taludes muito instáveis, especialmente quando cortados de forma inadequada e com drenagens precárias saindo das casas. Na área 3 a infraestrutura (drenagens e contenções) também é precária, e assim como nas outras áreas há inúmeros cortes de taludes muito inclinados e próximos às casas.

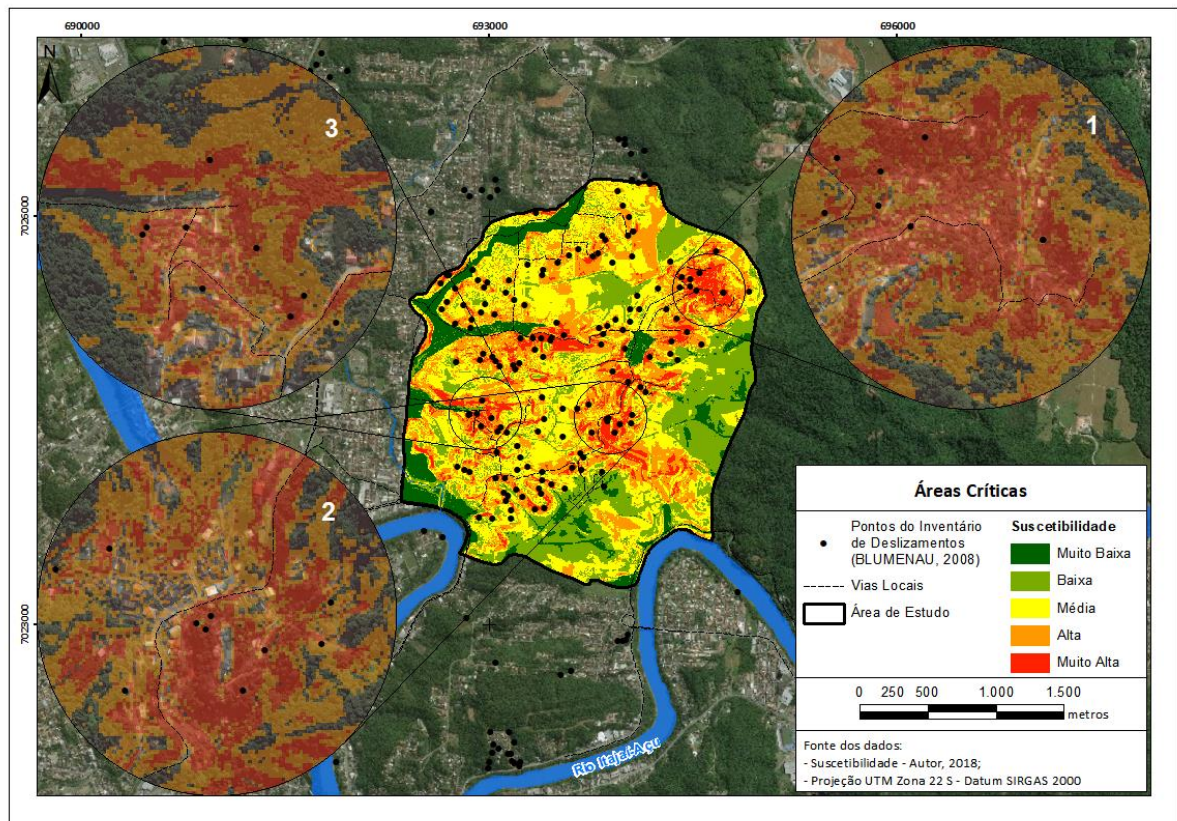


Figura 42: Áreas mais críticas identificadas na área de estudo. (1) Abrange a rua José dos Santos Soares, onde predominam conglomerados; (2) Abrange a rua Henrique Reif, onde predominam conglomerados e siltitos; (3) Abrange as ruas 22 de Junho e a rua Selma Maria Reinert, onde predominam arenitos grossos. As três áreas apresentam baixo padrão construtivo. Elaborado pelo autor.

8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observou-se que a maior parte dos deslizamentos compilados no inventário de deslizamentos (BLUMENAU, 2008) encontra-se em áreas urbanas, portanto este fator é muito importante na análise de suscetibilidade, não apenas na área de estudo, mas também de outros locais onde seja efetuada tal análise. A expansão da urbanização é um agente instabilizador de encostas, principalmente pela execução mal planejada de cortes (taludes artificiais) e de sistemas de drenagem (TOMINAGA *et al.*, 2009). Inclusive, alguns autores recomendam que mapeamentos de suscetibilidade sejam feitos periodicamente, de acordo com o avanço da urbanização (SILVA & BITAR, 2014).

Este trabalho utiliza fatores predisponentes utilizados por diversos autores, em uma combinação inédita se comparada aos outros trabalhos consultados na revisão bibliográfica (Tabela 1). O modelo gerado mostrou-se eficiente na previsão de áreas suscetíveis a deslizamentos, porém futuramente outros fatores (orientação das encostas, densidade de

lineamentos) poderão ser incorporados à análise visando um maior detalhamento da suscetibilidade. A realização do mapeamento geológico de detalhe trouxe um viés mais geológico à análise, e também um conhecimento sólido da área como um todo (em relação a MGM), pois ela foi percorrida e observada em sua quase totalidade (geralmente os autores utilizam mapas geológicos regionais pela inexistência de mapas de detalhe). Considerando-se o papel da geologia na suscetibilidade a MGM, ficou claro que a suscetibilidade é menor nas áreas de ocorrência do arenito fino (na porção leste da área de estudo), e maior nas áreas onde ocorrem conglomerados, arenitos grossos e gnaisses. Próximo ao contato entre a bacia e o embasamento, é notável a grande quantidade de deslizamentos registrados no inventário. Há boa correlação da declividade com a suscetibilidade na área de estudo.

O controle estrutural do relevo parece ter um papel importante na formação de áreas instáveis na área de estudo, e foi representado pelo fator “distância dos cursos d’água”, pois a hidrografia da área de estudo também é condicionada pelas estruturas geológicas (falhas e fraturas). Em relação ao acamamento e seu papel na ocorrência de deslizamento, poder-se-ia incluir o fator orientação das encostas na análise de suscetibilidade, visto que as camadas mergulham 17° para SE (em média). Portanto, é possível supor que aquelas encostas voltadas para SE são mais suscetíveis que aquelas voltadas para NW, por exemplo. Entretanto, uma avaliação mais detalhada deve ser feita para incluir este fator no modelo, com a análise conjunta de dados de acamamento e fraturas em estereogramas. Isto porque os dados do inventário de MGM utilizado não demonstram claramente esta relação entre a orientação das encostas e os deslizamentos ocorridos.

Conversas com moradores também se mostraram muito importantes no reconhecimento de áreas instáveis por parte do pesquisador, e constituíram-se em momentos de troca de saberes para ambas as partes. Dessa forma, o mapeamento geológico serviu não apenas à elaboração do mapa de suscetibilidade, mas também a uma aproximação entre a Comunidade e a Academia.

De acordo com o mapa de suscetibilidade a MGM obtido, recomenda-se que as áreas classificadas como de muito alta suscetibilidade, principalmente aquelas destacadas na Figura 42, sejam alvo de ações públicas visando à prevenção de deslizamentos futuros nestes locais. Isto porque estas áreas abrigam um grande número de residências, em sua maioria de baixo padrão construtivo, em encostas íngremes e geralmente com muitos cortes de taludes mal executados. A eventual ocorrência de MGM de maior porte nestes locais poderia causar grandes estragos e perda de vidas.

9 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho demonstraram que a área de estudo tem áreas muito suscetíveis a MGM, tanto em áreas naturais quanto em áreas urbanizadas. Os fatores utilizados na análise mostraram-se apropriados para a modelagem efetuada, com destaque para o fator litologia, que foi mapeado em escala de detalhe. Além da classificação das áreas em classes de muito baixa, baixa, média, alta e muito alta suscetibilidade, foram indicadas áreas críticas com base no resultado obtido e em vistorias de campo. Visitas futuras (informais) à área de estudo revelarão se houveram novas ocorrências de deslizamentos nos locais identificados como críticos.

Levando em conta os resultados obtidos, consideram-se atingidos os objetivos propostos neste trabalho. Entende-se método utilizado pode ser aplicado a outros locais, observando-se as características de cada área e efetuando-se os ajustes necessários. A confirmação em campo dos resultados obtidos mostra-se essencial para que os dados possam ser validados, pois o conjunto de dados utilizado na análise pode conter defeitos e produzir distorções.

Os arquivos *shapefile* e *raster* dos fatores predisponentes e de suscetibilidade obtidos como resultados deste trabalho ficam à disposição do público. Para ter acesso aos arquivos, entre em contato com o autor.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande, 1977, Anais, 363-391.
- APPI, C.J.; SOUZA CRUZ, C.E. Estratigrafia de sequências na Bacia do Itajaí. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Anais. Natal: v.1, p.93-106. 1990.
- AUGUSTO FILHO, O. Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. São Paulo. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 1994.
- AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BASEI, M.A.S. O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. 1985. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985, 190 p;
- BASEI, M. A . S. O Grupo Brusque: uma evolução monocíclica. Atas, XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, 1990, p. 2649-2657.
- BASEI, M.A.S; MCREATH, I; SIGA, O. JR. The Santa Catarina granulite complex of Southern Brazil, a review. Gondwana Research, v.1, 3-4, 1998, p. 383–391;
- BASEI, M. A. S.; SIGA JR, O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR - SC). Revista Brasileira de Geociências, v. 22, n. 2, p. 216–221.
- BASEI, M. A. S.; DRUKAS, C. O.; SANTOS, P. R., OSAKO, L. S.; ARCARO, N. P. 2008. Estratigrafia, idade e proveniência dos sedimentos da Bacia do Itajaí, SC, Brasil. In: 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, SBG, Curitiba.
- 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 JR, O.; OSAKO, L. The Itajaí foreland basin: a tectono-sedimentary record of the Ediacaran period, Southern Brazil. International Journal of Earth Sciences, v. 100, I. 2, april/2011, pp. 543–569;
- BENSON, W. N. Landslides and their relation to engineering in the Dunedin District, New Zealand. Economic Geology, 1946, v. 41, p. 328-347. Disponível em:< <https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/41/4/328/15925/landslides-and-their-relation-to-engineering-in>>. Acesso em 29/07/2018.
- BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D; PASSOS, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996. 875 p.
- BLUMENAU. Diretoria Municipal De Geologia, Análise e Riscos Naturais. Banco de dados espaciais: inventário de movimentos gravitacionais de massa, 2008.

BRASIL. Lei Federal N°. 9.433 de 09 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, DF, 08/01/1997.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, 11 abr. 2012a.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, 26 mai. 2012b.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura (organizadores). Brasília: Ministério das Cidades – IPT, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Sul: MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, 2006. 132 p.

CASSETI, V. Geomorfologia. [S.I.]: 2005. Não paginado. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em 02 jun. 2018.

CAVALCANTI, Iracema F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G.A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). Relatório dos danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina: 1995-2014. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016, 71 p. Organização: Rafael Schadeck.

CITRONI, S.B. Ambientes deposicionais e significado geotectônico da sedimentação do Grupo Itajaí-SC. (Dissertação de Mestrado)- Universidade de São Paulo. 1993.

COMPANHIA DE PESQUISAS EM RECURSOS MINERAIS - CPRM. Carta Geológica. Folha SG. 22-Z-B-JOINVILLE, escala 1:250.000, 2011;

CORREIA, M. R. D. Avaliação de diferentes técnicas de modelagem e de dados espaciais aplicadas à análise de risco a deslizamentos no baixo vale da bacia do rio Itajaí-açu SC. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 425 p.

COSTA, M. A sedimentação Neoproterozoica na Bacia do Itajaí, leste de Santa Catarina: paleoambientes, composição e diagênese de arenitos. (Dissertação de Mestrado)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2014.

COSTA, M., NASCIMENTO, M.S. Tratos deposicionais e arquitetura estratigráfica de sucessões sedimentares da Bacia do Itajaí (Neoproterozoico), nordeste de Santa Catarina,, Brasil. Revista do IG/USP. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 15, n. 2, p. 111-134, 2015.

CPRM & IPT (2014). Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa. Coordenação Omar Yazbek

Bitar. -- São Paulo : IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo ; Brasília, DF : CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

CROSS, Charles Whitman A remarkable landslide. *Science*, 1886, Vol. 8, p 293. Disponível em:<

<https://www.jstor.org/stable/pdf/1761323.pdf?refreqid=excelsior%3Aa9b7419187ad28e9ee2c8cb00dc52af5>>. Acesso em 29/07/2018.

DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENGO, J. A.; RODRIGUES, R. R. Na index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the contexto of climate change. *Natural Hazards*, n. 86, p. 557-582, janeiro de 2017.

DUTRA, E. B. Reconhecimento topográfico e geológico no Estado de Santa Catarina, Brasil. DNPM/SGM. Boletim, v.21, p.31-56. 1926.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: EMBRAPA solos, 2006.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996, p. 123-194;

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas. Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 2, n. 1, p. 51-71.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W.Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102, 2008, p. 85-98.

FLORISBAL, Luana Moreira. Petrogênese de granitos sintectônicos em ambiente pós-colisional do escudo catarinense: estudo integrado de geologia estrutural, geoquímica elemental e isotópica SR-ND-PB e geocronologia U-PB em zircão. 2011. Tese (Doutorado em Petrologia Ígnea e Metamórfica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.44.2016.tde-12012016-152315. Acesso em: 2018-12-03

FONSECA, M.M. Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Bacia do Itajaí (SC) e detalhamento do complexo turbidítico de Apiúna. 149 p. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. 2004.

GROHMANN, C. H.; CAMPANHA, G. A. C.; SOARES JUNIOR, A. V. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Campinas, 2011.

GUADAGNIN, F., CHEMALE, Jr F., DUSSIN, I.A. Depositional age and provenance of the Itajaí Basin, Santa Catarina State, Brazil: Implications for SW Gondwana correlation. *Precambrian Research*, p.156–182. 2010.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1984;

HARTMANN, D. A.; SILVA, L. C.; ORLANDI, V. O. Complexo Granulítico de Santa Catarina. *Acta Geológica Leopoldensia*, 1979, p. 94–112;

HARTMANN, L.A.; LEITE, J.A.D.; SILVA, L.C.da, REMUS, M.V.D.; MCNAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; FLETCHER, I.R.; SANTOS, J.O.S.; VASCONCELLOS, M.A.Z. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. *Australian Journal of Earth Sciences*, v.47,p. 829-844. 2000.

HARTMANN, L. A.. BITENCOURT, M. F.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J.; RIVERA, C. B.; BETIOLLO, L. 2003. Prolonged Paleoproterozoic magmatic participation in the Neoproterozoic Dom Feliciano belt, Santa Catarina, Brazil, based on zircon U-Pb SHRIMP geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 16, p. 477-492.

HERRMANN, M. L P. Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2005, 146 p;

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. The landslide handbook – A guide to understanding landslides. Virginia, 2008. United States Geological Survey Circular 1325, 129 p.

HITCHCOCK, Charles Henry. The recent landslide in the White Mountains. *Science*, 1885, vol. 6, p.84-87. Disponível em:
<https://www.jstor.org/stable/pdf/1761140.pdf?refreqid=excelsior%3A54853d00969589de6ef73800be0830a7>. Acesso em 29/07/2018.

HITCHCOCK, Charles Henry. The latest slides in the White Mountains. *Science*, 1885, vol. 6, p. 306. Disponível em:
<https://www.jstor.org/stable/pdf/1761140.pdf?refreqid=excelsior%3A54853d00969589de6ef73800be0830a7>. Acesso em 29/07/2018.

IGLESIAS, C. M. F.; ZERFASS, H.; SILVA, M. A. S.; KLEIN, C. Carta Geológica. Folha SG. 22-Z-B-JOINVILLE, escala 1:250.000, CPRM, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas 1981-2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de Clima do Brasil. Rio de Janeiro, 2002. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de Geomorfologia. Folha Joinville – SG.22-Z-B. Escala: 1:250.000, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. Manuais Técnicos em Geociências número 7 - 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico - 2010. Rio de Janeiro, 2010.

JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; CASTELO BRANCO, M.; ZÊZERE, J. L. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal. ISBN 978-989-96121-4-3, Lisboa, 2009. ANPC, 91p.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. *Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos*. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006;

KREBS, A.S.J., LOPES, R. C., CAMOZZATO, E. *Caracterização faciológica do Grupo Itajaí na folha Botuverá (Se)*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. Anais . Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p.82-92. 1990.

LANA, J. C. *Importância da validação em campo no processo de elaboração das cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações*. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves: ABGE, 2015.

MAACK, R. *Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina*. Arq. Biologia e Tecnologia (IBPT), v. II, p. 63-154. 1947.

MARTINI, L.C.P.M.; UBERTI, A.A.A.; SCHEIBE, L.F.; COMIN, J.J.; OLIVEIRA, M.A.T. *Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: Decisão Multicriterial Suportada em Sistemas de Informações Geográficas*. Revistado Instituto de Geociências – USP. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 1, p. 41-52, julho 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Mapa geotécnico de Blumenau - Relatório de Geologia*. Florianópolis, 2017. Universidade Federal de Santa Catarina.

MONTEIRO, M. A. *Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano*. Florianópolis, 2001. Geosul, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan./jun.

NANNI, A. S.; TEDESCO, M. A.; FREITAS, M. A.; BINOTTO, R. B. *Vulnerabilidade natural e risco de contaminação do Aquífero Serra Geral pela Suinocultura na Região das Missões – RS*. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. Anais. 2005.

NORONHA, F. L.; FILHO, J. L. K.; DANTAS, M. E.; BRESSANI, L. A. *Padrões de relevo e classes de suscetibilidade a movimentos de massa nos estados do RS e SC: Correlações a partir dos produtos do projeto cartas de suscetibilidade (CPRM)*. In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves, ABGE, 2015. 8 pág.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Technical Regulations. Basic Documents No. 2 Volume I – General Meteorological Standards and Recommended Practices*. Suíça, 2015.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R.; VALCI, F.V. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

POTTER, R. O.; CARVALHO, A. P.; FLORES, C. A. & BOGNOLA, I. *Solos do Estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. CD ROM; mapa color. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

RIOS, M. L. Vulnerabilidade à Erosão nos Compartimentos Morfopedológicos da Microbacia do Córrego do Coxo/ Jacobina – BA. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

ROSTIROLLA, S. P.; ALKMIM, F. F.; SOARES, P. C. O Grupo Itajaí, Estado de Santa Catarina, Brasil: exemplo de sedimentação em uma bacia flexural de ante-país. B. Geoci. PETROBRAS, v.6,p. 109-122. 1992.

ROSTIROLLA S. P., AHRENDT A.; SOARES P. C.; CARMINGNANI L. Basin analysis and mineral endowment of the Proterozoic Itajaí Basin, south-east Brazil. 1999. Basin Research 11:127–142.

SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J. J.; TAKEDA, F. K. Considerações sobre estratigrafia e tectônica da Série Itajaí. Boletim Paranaense de Geografia, s.1.1, v. 4/5, p. 188-201. 1961.

SCHETTINI, Carlos A. F. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, jan./mar. 2002, p.123-142.

SCHULZ, Jr. A.; ALBUQUERQUE, L. F. F. Geologia da Quadrícula de Rio do Sul, Santa Catarina. Brasil. DNPM, Porto Alegre, 109 p. 1969.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DE SANTA CATARINA (SDS). Aerolevanteamento do estado de Santa Catarina. 2011.

SILVA, S. F.; BITAR, O. Y.; Incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações em municípios abrangidos pelo Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, vol.4, n. 2, p. 95-108.

TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

TERZAGHI, Karl. Mechanism of Landslides. In: Application of Geology to Engineering Practice. Berkeley Volume, Sidney Paige, Chairman, 1950. Geological Society of America, p. 83-123.

Disponível

em:

<https://pubs.geoscienceworld.org/books/book/750/chapter/3902883/mechanism-of-landslides>.

Acesso em 29/07/2018.

TOMINAGA, Lúcia K.; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo, 2009. Instituto Geológico, 1ª edição. 197 páginas.

TSANGARATOS, P.; LOUPASAKIS, C.; NIKOLAKOPOULOS, K.; ANDGELITSA, V.; ILIA, I. Developing a landslide susceptibility map based on remote sensing, fuzzy logic and expert knowledge of the island. Of Lefkada, Greece. *Environmental Earth Sciences*, n. 77, p. 363-386, maio de 2018.

UN-ISDR. International Strategy for Disaster Reduction. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça, 2004. 152pp.

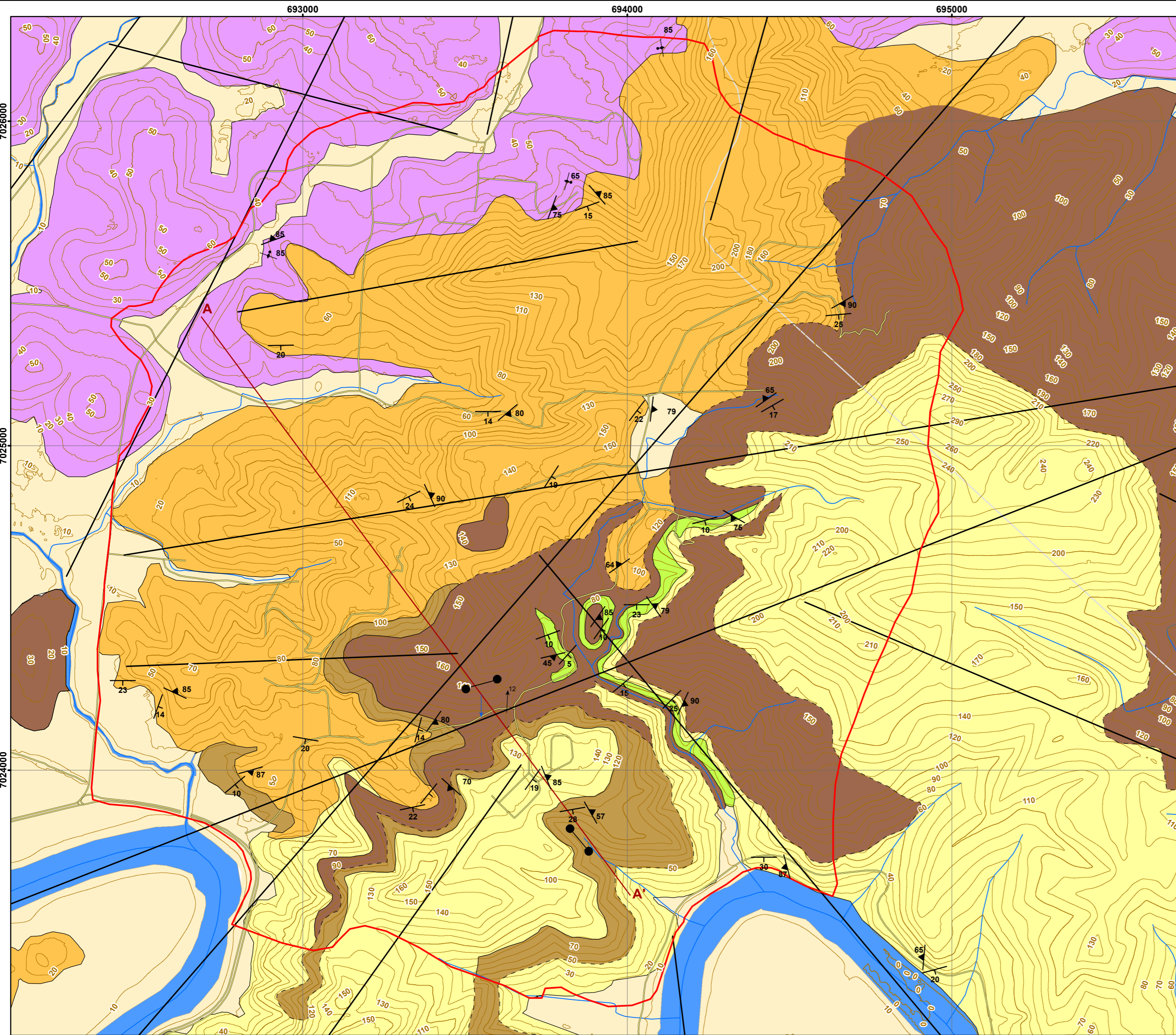
VIEIRA, R.; VIBRANS, A.C.; REFOSCO, J.C.; PINHEIRO, A.; XAVIER, F.F. Mapeamento das áreas suscetíveis a escorregamentos em Blumenau/SC, utilizando Sistema de Informações

Geográficas. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Anais). Florianópolis, abril de 2007. INPE, p 3211-3218.

VIEIRA, L. S. Manual de ciência do solo com ênfase aos solos tropicais. 2.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1988. 463p.

ZHU, A-Xing; WANG, R.; QIAO, J.; QIN, C.; CHEN, Y.; LIU, J.; DU, F.; LIN, Y.; ZHU, T. An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. *Geomorphology*, n. 241, p. 128-138, 2014.

ZHU, A-Xing; MIAO, Yamin; WANG, Rongxun; ZHU, Tongxin, DENG, Yongcui; LIU, Junzhi, YANG, Lin; QIN, Cheng-Zhi; HONG, Haoyuan. A comparative study of an expert knowledge-based model and two data-driven models for landslide susceptibility mapping. *Catena*, n. 166, p. 317-327, 2018.



Sistema de Coordenadas Projetadas
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum SIRGAS 2000
 Fuso 22S

Escala: 1:10.000

Tamanho da Folha: A2

Escala Gráfica



Mapeamento geológico realizado no município de Blumenau, bairro Nova Esperança. Este trabalho é parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, na UFSC. O mapa será utilizado como fator importante na análise de suscetibilidade a movimentos de massa na área de estudo.

Agradecimentos: aos professores Lílina Osako e Marivaldo Nascimento e ao colega Luis Henrique por suas participações nas etapas de campo e pela colaboração em geral.

Autor: Pedro Mallmann

Orientadora: Profa. Dra. Lílina Sayuri Osako

Co-orientador: Prof. Dr. Marivaldo dos Santos Nascimento

Convenções Geológicas

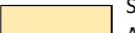

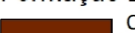





- Acamamento
- ⊥ Bandamento gnáissico
- ▲ Fraturas
- ↘ Paleocorrente
- ↑ Estria

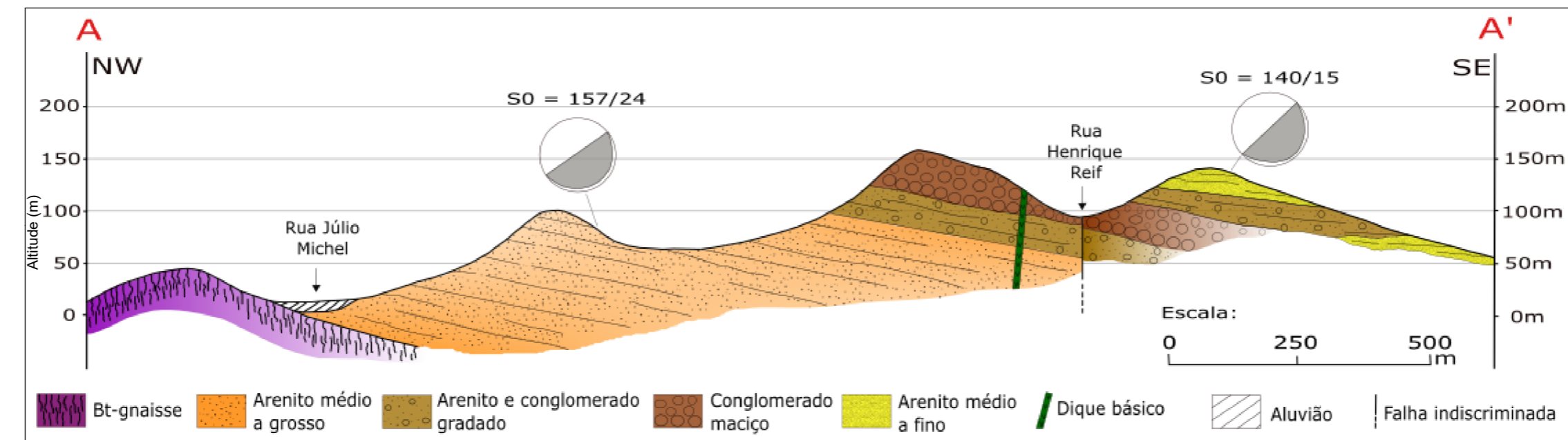
- Seção Geológica A-A'
- Contatos litológicos**
- Definido
- - - Inferido
- Lineamentos Estruturais**
- Lineamentos

Convenções Cartográficas

- Rodovias
- Curvas de nível (50m)
- Curvas de nível (10m)
- Hidrografia
- Limites Municipais
- Massa d'água
- Área de Estudo

Coluna Estratigráfica

Era/Período	Unidades Estratigráficas
Quaternário	Sedimentos Quaternários  Sedimentos inconsolidados, compostos por material muito imaturo, de granulometrias variadas. Acumulam-se nos leitos de rios, depressões e planícies.
Cretáceo	Bacia do Paraná Formação Serra Geral  Dique máfico, afanítico, maciço, preto, oxidado no contato com o conglomerado.
Neoproterozoico	Grupo Itajaí Formação Baú  Conglomerado polimítico clasto ou matriz sustentado, com estrutura maciça ou imbricada, e gradação normal. A matriz é arenosa grossa, com cor bordô. Os clastos são de quartzito, gnaisse, granitoides, arenito, siltito e outros.  Arenito, arenito conglomerático e conglomerado intercalados, em camadas métricas a centimétricas. Comumente há gradação normal nos pacotes, e arquitetura de canais entrelaçados, com barras de acreção, canais conglomeráticos e arenitos com estratificação cruzada acanalada.  Arenito arcóseo médio a grosso, bordô, imaturo, grãos subangulosos, com gradação normal e estratificação cruzada acanalada.  Arenito arcóseo médio a fino, bordô, com estrutura maciça, estratificação cruzada de baixo ângulo ou estratificação plano paralela.  Siltito laminado, avermelhado, intercalado com camadas de arenito médio a fino. Há alternância de lâminas mais claras, com maior conteúdo de areia fina e lâminas avermelhadas siltosas.
Arqueano	Complexo Granulítico de Santa Catarina  Biotita-gnaisse leucocrático, com foliação subvertical, feldspatos estirados, muito alterados, ocorrem também biotita-gnaisse máficos, mas os félsicos predominam.

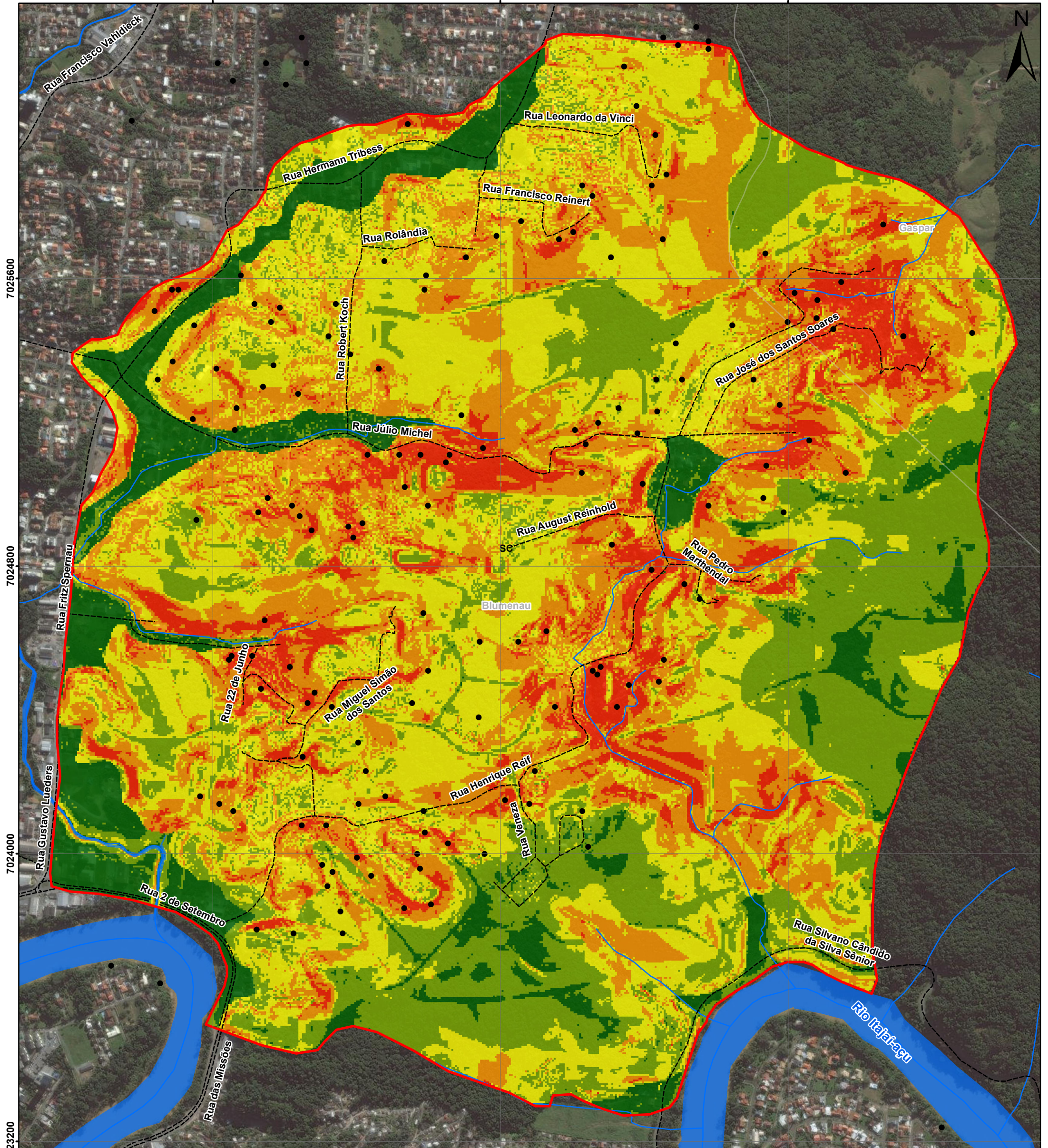


Perfil A-A':
 Seção geológica NW-SE.
 Exagero vertical 2x.
 Os estereogramas ilustrados na seção apresentam o acamamento (mergulho/direção de mergulho).

692800

693600

694400

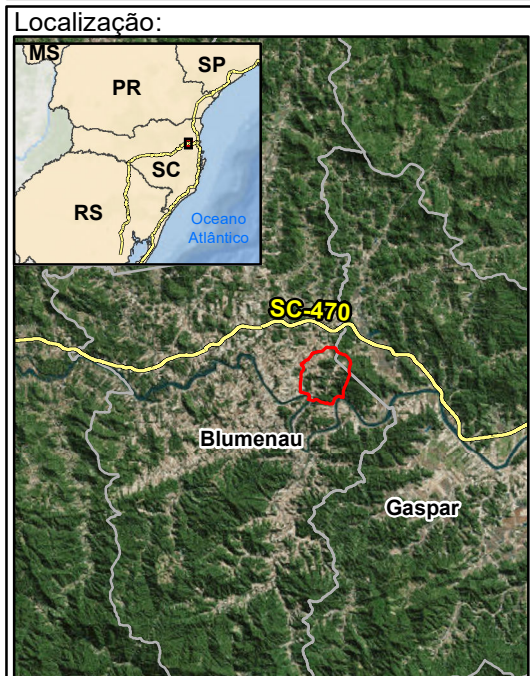


7025600

7024800

7024000

7023200



Legenda

- Pontos do Inventário de Deslizamentos
- Hidrografia
- Rodovias
- Vias Locais
- ▭ Área de Estudo
- ▭ Massa D'água
- ▭ Limites Municipais
- ▭ Limites Estaduais

Suscetibilidade

- ▭ Muito Baixa
- ▭ Baixa
- ▭ Média
- ▭ Alta
- ▭ Muito Alta

Fontes dos dados:
 - ISD - Elaborado pelo autor;
 - Hidrografia - SDS, 2012;
 - Inventário de Deslizamentos - Blumenau, 2008;
 - Divisão Política - IBGE, 2016;
 - Rodovias - DNIT, 2015;

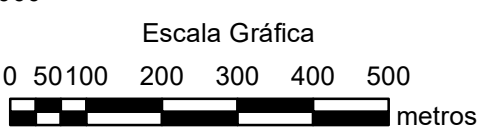
Anexo II - Mapa de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa

Mapa elaborado como produto final do Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, na Universidade Federal de Santa Catarina.

Data: Agosto de 2018 Tamanho da Folha: A3

Autor: Pedro Mallmann Localização: Bairro Nova Esperança Blumenau/SC

Escala: 1:10.000



Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22S
 Datum SIRGAS2000