

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO - FAED**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO TERRITORIAL E**  
**DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL**

**ALEXANDRE DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA PARA GESTÃO DE RISCO –**  
**ESTUDO DE CASO BAIRRO PAMPLONA, RIO DO SUL-SC**

**FLORIANÓPOLIS, SC**  
**2017**





**ALEXANDRE DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA PARA GESTÃO DE RISCO –  
ESTUDO DE CASO BAIRRO PAMPLONA, RIO DO SUL-SC**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental do Centro de Ciências Humanas e da Educação da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mariane Alves Dal Santo**

**FLORIANÓPOLIS, SC  
2017**

S586c      Silva, Alexandre da  
Caracterização de movimentos de massa para gestão de risco: estudo de caso bairro Pamplona, Rio do Sul-SC / Alexandre da Silva. - 2017.  
91 p. il.; 29 cm

Orientadora: Mariane Alves Dal Santo  
Bibliografia: p. 79-86  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, Florianópolis, 2017.

1. Catástrofes naturais. 2. Administração de risco - Santa Catarina. 3. Geociências - Santa Catarina. I. Santo, Mariane Alves Dal. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. III. Título.

CDD: 904.5 – 20.ed.

**ALEXANDRE DA SILVA**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA PARA GESTÃO DE RISCO –  
ESTUDO DE CASO BAIRRO PAMPLONA, RIO DO SUL-SC.**

**Dissertação julgada adequada para obtenção de Título de Mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental junto ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental – MPPT da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.**


Florianópolis, 21 de novembro de 2017.

---

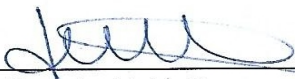
Prof. Dr. Emerson César de Campos  
Coordenador do Programa

**Banca Examinadora:**

Orientador/a:

  
Prof.ª Dr.ª Mariane Alves Dal Santo  
Universidade do Estado de Santa Catarina


Membro:

  
Prof. Dr. Jairo Valdati  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

  
Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

  
Prof. Dr. Everton da Silva  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha esposa, pelo amor e compreensão e as minhas filhas, pela alegria diária que me proporcionam.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela dádiva da vida.

A minha esposa Marilene, pelo apoio, companheirismo, amor incondicional e pela força nestes anos juntos, sem o qual não conseguiria alcançar os meus objetivos.

Aos meus colegas de Mestrado, pelos bons momentos proporcionados durante estes anos de convivência, pela troca de experiências que foram o ponto forte no aprendizado de cada disciplina cursada.

A Professora Mariane Alves Dal Santo, pela paciência, pelo conhecimento e experiência transmitidos durante a orientação e elaboração deste trabalho.

Ao Professor Jairo Valdati, pela sensibilidade de simplificar a pesquisa e direcionar um Norte factível a pesquisa, o meu muito obrigado.

Ao Lucas Barros Esteves Daniel, bolsista do GEOLAB, pelas horas de Laboratório ajudando na confecção dos mapas.

A Prefeitura Municipal de Rio do Sul, em especial a Secretaria de Defesa Civil, na pessoa do André Gustavo Wormsbecher, pelo apoio quanto aos materiais referentes ao movimento de massa do Bairro Pamplona.

Ao Sr Moacir Canuto de Souza, presidente da empresa Aerocarta Engenharia de Aerolevantamentos, pelo fornecimento das imagens do Bairro Pamplona, realizadas em março de 2012, após o movimento de massa em estudo.

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, na pessoa do Cel BM Edupércio Pratts, por permitir as trocas de horários de expediente, para poder cursar as disciplinas do Mestardo.

## RESUMO

O presente trabalho buscou discorrer sobre a identificação do tipo de movimento de massa que ocorreu no Bairro Pamplona em Rio do Sul no ano de 2011, pois havia discordância de que tipo de movimento de massa havia ocorrido entre o CENACID-UFPR e CPRM. Além do fato de que, identificar o verdadeiro tipo de movimento ocorrido, favorece a gestão de risco. Foram apresentados conceitos gerais de Gestão de Risco, onde ficou evidenciado a necessidade de tipificar a ameaça, para uma melhor compreensão dos riscos decorrentes e foram abordados também, os conceitos quanto ao movimento de massa e sua classificação. O foco da pesquisa foi a análise dos dados do movimento de massa ocorrido então em Rio do Sul, principalmente através de imagens aerofotogramétricas obtidas antes e após o movimento de massa. Das imagens foram obtidos mapas de localização; mapas de cobertura da terra pré e pós evento; mapas de bacias de drenagens e de ordem de canais e mapas geomorfológicos de detalhes, pré e pós movimento. Além do material cartográfico, foram utilizadas, também, imagens de fotografias retiradas do local, logo após o movimento de massa, para evidenciar as partes do movimento bem como a sua extensão. O movimento de massa atingiu uma área de 45.730 metros quadrados, atingindo várias residências, que foram destruídas pela força do movimento ou precisaram ser demolidas, diante dos estragos. Outros fatores analisados foram os dados pluviométricos de Rio do Sul. Após as análises feitas, chegou-se aos resultados da pesquisa, tipificando o movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona em Rio do Sul em 2011, como sendo um escorregamento rotacional e que as medidas de Gestão de Risco local e para casos semelhantes, é a remoção de todas as pessoas da área de risco, acionando a Defesa Civil municipal, a solicitação de recursos adicionais, como o objetivo de proceder a varredura na área em busca de feridos ou pessoas soterradas, além de medidas de engenharia para remoção de parte do material movimentado, drenagem para evitar maior infiltração das águas superficiais e estrutura de contenção para estabilização da área ou reativação do movimento de massa.

**Palavras-chave:** Movimento de massa. Gestão de Risco. Rio do Sul.

## SUMMARY

The present work sought to discuss the identification of the type of mass movement that occurred in the Pamplona Neighborhood in Rio do Sul in 2011, as there was disagreement as to what type of mass movement had occurred between CENACID-UFPR and CPRM. Besides the fact that, identifying the true type of movement occurred, favors risk management. General concepts of Risk Management were presented, where it was evidenced the need to typify the threat, for a better understanding of the risks arising and were also addressed, the concepts regarding mass movement and its classification. The focus of the research was the analysis of mass movement data that occurred in Rio do Sul, mainly through aerophotogrammetric images obtained before and after the mass movement. From the images were obtained location maps; pre and post event land cover maps; maps of drainage basins and order of channels and geomorphological maps of details, pre and post movement. In addition to the cartographic material, images of photographs taken from the place, just after the mass movement, were used to highlight the parts of the movement as well as their extension. The mass movement reached an area of 45,730 square meters, reaching several homes, which were destroyed by the force of the movement or had to be demolished in the face of the damage. Other factors analyzed were the pluviometric data from Rio do Sul. After the analysis, the results of the survey were obtained, typifying the mass movement occurred in the Pamplona neighborhood in Rio do Sul in 2011, as a rotational sliding and that the measurements Local Risk Management and for similar cases, is the removal of all people from the risk area, triggering the municipal Civil Defense, the request for additional resources such as the purpose of scanning the area in search of injured or buried people , in addition to engineering measures to remove part of the material moved, drainage to avoid further infiltration of surface water and containment structure to stabilize the area or reactivation of mass movement.

**Keywords:** Mass movement. Risk management. Rio do Sul.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vista da Rua Louro antes do movimento de massa.....	13
Figura 2 – Vista da Rua Louro após o movimento de massa.....	14
Figura 3 - Denominações comumente usadas para as partes de um deslizamento.....	25
Figura 4 - Esquema de um rastejo.....	26
Figura 5 – Rastejo próxima a East Sussex, no Reino Unido.....	26
Figura 6 - Queda rochosa.....	27
Figura 7 - Queda rochosa e detritos ocorrido em Clear Creek Canyon, Colorado, EUA, em 2005.....	29
Figura 8 – Área de risco de processos de queda de blocos rochosos.....	29
Figura 9 – Perfil esquemático do processo de queda de blocos.....	29
Figura 10 – Situação de risco de tombamento de bloco rochoso.....	29
Figura 11 – Situação de risco de rolamento de bloco rochoso.....	30
Figura 12 - Esquema de fluxo de detritos.....	31
Figura 13 - Danos causados por um fluxo de detritos na cidade de Caraballeda.....	31
Figura 14 – Esquema do escorregamento translacional.....	33
Figura 15 – Imagem de escorregamento translacional.....	34
Figura 16 - Esquema de escorregamento rotacional.....	35
Figura 17 - Fotografia de um escorregamento rotacional ocorrido na Nova Zelândia.....	36
Figura 18 - Esquema de deslizamento em cunha.....	36
Figura 19 - Exemplo onde a área que sofreu escorregamento do tipo em cunha.....	37
Figura 20 – Mapa de localização.....	54
Figura 21 – Foto aérea do movimento de massa.....	56
Figura 22 – Foto da escarpa formada no cume do movimento de massa.....	56
Figura 23 – Foto das fissuras transversais no material movimentado.....	57
Figura 24 – Base do movimento.....	57
Figura 25 – Mapa de Cobertura da Terra pré movimento.....	61
Figura 26 – Mapa de Cobertura da Terra pós movimento.....	62
Figura 27 – Mapa de Bacias de Drenagem.....	64
Figura 28 – Mapa de Ordem de Canais.....	65
Figura 29 – Mapa Geomorfológico de detalhes pre movimento.....	66
Figura 30 – Mapa Geomorfológico de detalhes pós movimento.....	67
Figura 31 – Imagem de Satélite – condições climáticas - dias 6/7/8/9 de setembro de 2011.....	70



## LISTA DE QUADROS, TABELAS e GRÁFICOS

Quadro 1 -	Comparação entre algumas propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa (GUERRA e CUNHA, 1996).....	23
Quadro 2 -	Classificação de movimentos de massa (Augusto Filho, 1992).....	24
Tabela 1 -	Cobertura da terra pré evento.....	60
Tabela 2 -	Cobertura da terra pós evento.....	60
Grafico 1 -	Índice Pluviométrico – Média Mensal dos anos de 1983 à 2016.....	68
Gráfico 2 -	Índice Pluviométrico – Ano 2011.....	69
Grafico 3 -	Índice Pluviométrico Chuva/Hora – Ano 2011.....	71
Gráfico 4 -	Índice Pluviométrico Chuva/Hora – 72 Horas do movimento de Massa.....	72

## **LISTA DE SIGLAS**

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina;

CPRM - Serviço Geológico do Brasil;

DRHI/SDS - Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

MDT - Modelo Digital de Terreno.

PIB - Produto Interno Bruto.

PNPDEC- Política Nacional de Defesa Civil.

SIG - Sistemas de Informação Geográficas.

TECGEOFÍSICA - Tecnologia em Sondagens Geofísicas Ltda.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 OBJETIVO.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
2.1 GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES.....	19
2.2 MOVIMENTOS DE MASSA.....	21
<b>2.2.1 Tipos De Movimentos De Massa</b> .....	22
2.2.1.1 Rastejos.....	25
2.2.1.2 Quedas.....	27
2.2.1.3 Corridas.....	30
2.2.1.4 Escorregamentos.....	32
2.2.1.4.1 Escorregamentos Translacionais.....	32
2.2.1.4.2 Escorregamentos Rotacionais.....	34
2.2.1.4.3 Escorregamentos em Cunha.....	36
2.3 FATORES DE INSTABILIDADE DAS VERTENTES E OS CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA.....	37
<b>2.3.1 Condicionantes Geológicos</b> .....	38
<b>2.3.2 Condicionantes Pedológicos</b> .....	38
<b>2.3.3 Condicionantes Geomorfológicos</b> .....	39
<b>2.3.4 Pluviosidade</b> .....	39
<b>2.3.5 Vegetação</b> .....	41
<b>2.3.6 Ação Antrópica</b> .....	41
2.4 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA.....	42
<b>2.4.1 Mapeamento de Áreas de Risco</b> .....	43
<b>2.4.2 Sistema de Informações Geográficas</b> .....	44
<b>2.4.3 Potencial dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise de Movimentos de Massa</b> .....	45
<b>2.4.4 Geotecnologias e Métodos de Avaliação dos Movimentos de Massa</b> .....	46
<b>3 MÉTODO</b> .....	49
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	53
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	53
<b>4.1.1 Situação e localização da área de estudo</b> .....	53
<b>4.1.2 Descrição das Características do Movimento de Massa</b> .....	55
<b>4.1.3 Uso e ocupação do Solo</b> .....	59
<b>4.1.4 Hidrogeologia</b> .....	63
<b>4.1.5 Águas correntes e superficiais</b> .....	63
<b>4.1.6 Pluviometria</b> .....	68
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	75
<b>5 REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>ANEXO A – Relatório anual</b> .....	87



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (1993), um dos fenômenos naturais que mais causam prejuízos financeiros e mortes no mundo são os movimentos de massa. Nas áreas urbanas, eles assumem, proporções catastróficas, ao passo que a sua ação é diretamente ligada aos danos materiais e a perda de vidas humanas.

De acordo com a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável (2009), a combinação de fenômenos naturais extremos e a ocupação irregular de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa (rastejo, deslizamentos planares, escorregamentos circulares, corridas de detritos e lama, enxurradas, etc.), em 2008 no estado de Santa Catarina, tirou a vida de 153 pessoas, além de inúmeros danos materiais, o que provocou a decretação de estado de calamidade pública para todo o estado.

No município de Rio do Sul, no mês de setembro de 2011, ocorreram inúmeros movimentos de massa, provocando incalculáveis danos, tendo um único movimento de massa destruindo cerca de seis casas e desalojado seus moradores, no Bairro Pamplona.

As fotos abaixo (Figura 1 e 2), mostram o antes e depois do movimento de massa, com a destruição de casas, obstrução de vias e o deslocamento.

Figura 1 – Vista da Rua Louro antes do movimento de massa.



Fonte: Google.

Figura 2 – Vista da Rua Louro após o movimento de massa.



Fonte: André Gustavo Wormsbecher (2011).

O presente projeto pretende auxiliar os órgãos públicos locais, em especial do município de Rio de Sul, localizado no Alto Vale Catarinense, identificando o tipo de movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona e as suas características, com o objetivo de auxiliar, no futuro, a Gestão de Risco de outros possíveis movimentos de massa com as mesmas características, bem como a tomada de decisão na realização das buscas em cenários parecidos.

Outro ponto importante está relacionado ao fato do autor ser Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e o Mestrado ser Profissionalizante, no que a pesquisa poderá auxiliar o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, considerando que este é o principal órgão de resposta a atuar nos cenários de movimentos de massa, principalmente nas buscas de pessoas soterradas. Assim a identificação de cada tipo de movimento de massa, facilitará o trabalho das equipes, pois saberão como ocorreu o movimento, o seu comportamento, se já encerrou, quais os riscos para a equipe, bem como, onde iniciar as buscas diante do comportamento já conhecido do movimento identificado.

## 1.1 OBJETIVO

Considerando que no estudo dos movimentos de massa, muitas são as causas ou agentes que conduzem ao seu surgimento e que a identificação do tipo de movimento de

massa, possibilita a gestão do risco e a resposta adequada, a presente pesquisa apresenta como **Objetivo Geral**, analisar o de movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona no Município de Rio do Sul, favorecendo a Gestão de Risco local. Sendo que para alcançar tal objetivo serão abordados os seguintes **objetivos específicos**: identificar o movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona em Rio do Sul no ano de 2011, tipificando-o; e propor medidas de gestão de risco a serem realizadas em função do tipo de movimento de massa.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Para Bertone e Marinho (2013), a recorrência e a magnitude dos principais desastres no país estão relacionados, especialmente, às variações do clima e à ocupação desordenada do solo.

Sendo que o processo de urbanização, acentuado a partir da década de 50, careceu de um política pública de locação adequada das moradias, onde famílias que fugiam das áreas rurais por falta de recursos e condições financeiras, encontraram também nas áreas urbanas a falta de apoio governamental, forçando a instalação das moradias em áreas de risco como encostas e margens de rios, resultando em parcelas urbanas de extrema vulnerabilidade a deslizamentos de encostas, inundações e enxurradas.

Segundo Bertone e Marinho (2013), nos últimos anos temos observado inúmeros casos de desastres naturais relacionados a movimentos de massa, enxurradas e inundações, como em 2008, quando a região do Vale do Itajaí sofreu a pior tragédia do Estado de Santa Catarina, deixando 78 mil pessoas desalojadas ou desabrigadas e causando 135 mortes. Em 2010, a cheia do Rio Mundaú atingiu 97 municípios nos Estados de Pernambuco e de Alagoas, desabrigou ou desalojou mais de 150 mil habitantes e provocou a morte de 47 pessoas. Em 2011, a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro sofreu com o maior desastre do país em número de mortes, foram 900, além de 350 pessoas desaparecidas. Fortes chuvas, acima da média mensal, que caíram em menos de 24 horas nas regiões citadas, acentuaram a fragilidade de condição de moradia dos habitantes instalados em regiões já suscetíveis a movimentos de massa, inundações ou enxurradas, seja pela característica do solo por natureza, seja pelas modificações nele ocorridas ao longo do tempo em decorrência da urbanização.

Conforme Relatório dos danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina: 1995 – 2014, “o total de danos e prejuízos para o período da pesquisa é de 17,6 bilhões de reais, com valores corrigidos para 2014. A perda anual média é de 881

milhões de reais, representando 0,4% do PIB do estado.” Segundo a pesquisa, por mais que os dados sejam baseados em estimativas dos municípios, bem como que há lacunas de informações nos registros, são valores que podem direcionar estratégias para a Gestão de Risco de Desastres no estado (CEPED UFSC, 2016).

Com estas informações observa-se que é premente a necessidade de estudos relacionados a ocupação do solo em áreas de risco, bem como, medidas para diminuir a vulnerabilidade das moradias e ações de planejamento para redução de riscos relacionados a desastres naturais em especial os relacionados aos movimentos de massa.

No ano de 1991, a UNDRO (Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres) elaborou um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais, que serviu de base para o Estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Ministério das Cidades, sob o Tema de “Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios”, onde especifica que o enfrentamento dos acidentes naturais é baseado em duas atividades: prevenção e preparação. Sendo que as duas primeiras ações são: Identificação dos Riscos<sup>1</sup> e Análise dos Riscos (IPT 2007).

O Centro de Apoio Científico em Desastres da Universidade Federal do Paraná CENACID-UFPR, realizou uma avaliação emergencial preliminar no loteamento Jardim Alexandre, localizado no Bairro Pamplona, entre os dias 15 e 18 de setembro de 2011. Onde relataram: *“Nesta área a equipe observou um movimento de massa do tipo deslizamento translacional, com aproximados 230 metros de comprimento, 250 metros de largura e profundidade variável, estimada em 12 a 15 metros.”*

No entanto, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no documento Ação Emergencial, Setorização de Risco realizado no município de Rio do Sul em 2011, caracterizou o Movimento de Massa ocorrido no Bairro Pamplona como *“o processo inicial foi um deslizamento planar, evoluindo para corrida de massa (lama, árvores, blocos, etc) em períodos de intensa precipitação pluviométrica no mês de setembro de 2011.”*

Considerando que os dois órgãos, especialista em Desastres, tipificaram o mesmo movimento de massa de formas diferente. Observa-se a necessidade de uma padronização quanto a definição do tipo de movimento de massa que ocorreu no Bairro Pamplona em Rio do Sul, para que a Gestão do Risco seja realizada de forma correta e eficaz. Pois cada tipo de movimento de massa possui dinâmica distinta e consequências também distintas.

---

1

Risco - Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. (IPT, 2007, p. 26)



Assim entender as características do tipo específico de risco de movimento de massa é de vital importância para considerar, planejar, ou adotar ações apropriadas para diminuir o risco de perdas e danos. O tipo de movimento de massa determinará a velocidade potencial do movimento, o provável volume de deslocamento, a distância de deslocamento, como os possíveis efeitos e as medidas mitigadoras apropriadas a serem consideradas.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é constituída por quatro capítulos divididos da seguinte maneira:

No primeiro capítulo, de introdução, busca-se contextualizar o tema, evidenciando a importância da pesquisa, justificando a necessidade de tipificar corretamente os movimentos de massa, pois cada tipo de movimento de massa, apresenta características distintas quanto a velocidade de deslocamento, o volume de material deslocado, a distância percorrida e os possíveis danos materiais e humanos.

O segundo capítulo é denominado referencial teórico. Nesta etapa foram brevemente introduzidas noções sobre gestão de risco e a necessidade de se executar políticas que fortaleçam as capacidades de enfrentamento, com o fim de reduzir o dano adverso das ameaças naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre. Ficou evidenciado a necessidade de identificar e compreender os riscos de desastres como uma das principais ações para a gestão dos desastres. É apresentada, também, uma abordagem sobre os processos de movimentos de massa e a classificação dos diferentes tipos, uma vez que, especificar o tipo de movimento de massa, proporciona conhecer a velocidade potencial do movimento, o provável volume de deslocamento, a distância de deslocamento, bem como, os possíveis efeitos do deslizamento. Desta forma, o referencial teórico apresenta um papel crucial no entendimento da ocorrência dos movimentos de massa, pois conhecer a forma, a extensão e as causas de cada movimentos, proporcionará medidas preventivas que impliquem na maior segurança da população afetada, dos gestores e das equipes de buscas, ou seja, na gestão de risco de desastre.

O terceiro capítulo, sobre a metodologia, tem caráter estrutural e discorre sobre: Tipo de pesquisa, método de pesquisa, como foram coletados os dados e como estes foram analisados.

No quarto capítulo apresenta-se os resultados e discussão: trancreve-se os dados levantados da área de estudo, identificando a sua localização, bacia hidrográfica, solos, bacias de

drenagens, ordem de canais, cobertura e uso da terra e as características climatológicas, como a distribuição das chuvas e a análise do volume de chuva no período e no local ocorreu o movimento de massa.

Por fim, apresenta-se as considerações finais, evidenciando se os objetivos iniciais foram atingidos e, discorrendo sobre a tipificação do movimento de massa ocorrido em 2011 no Bairro Pamplona em Rio do Sul. Ademais, elenca-se as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns conceitos teóricos fundamentais para o entendimento do tema da gestão de riscos e tipos de movimentos de massa.

### 2.1 GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES

A Gestão de Risco de Desastres é de certa forma algo novo e que vem sofrendo um aprofundamento ao longo do tempo, estando em processo de evolução, passando por adequações, como as ações de defesa civil.

Inicialmente o ciclo antigo de gestão de risco de desastres partia diretamente dos desastre, depois as ações de resposta e, por último, a reconstrução. Neste ciclo vicioso o desastre era visto como algo inevitável, pois sabia-se que os desastres iriam acontecer. As populações não eram preparadas, simplesmente era executada a resposta salvando as pessoas e alguns bens, depois se reconstruía o que fosse possível reconstruir e esperavam pelo novo desastre natural.

Após longos anos de adaptação do ciclo de defesa civil, o grande marco na evolução do conceito de gestão de riscos de desastres teve como influência a Conferencia Mundial sobre a Redução dos Desastres Naturais, que aconteceu no período de 18 a 22 de janeiro de 2005, em Kobe, Hyogo no Japão. Tal Marco teve como objetivo principal dotar as comunidades de capacidade para resistir aos desastres, evidenciando a importância da Redução de Riscos de Desastres, como componente essencial do desenvolvimento sustentável, diminuindo as perdas humanas, sociais, tecnológicas e ambientais.

A década do Marco de Hyogo (2005-2015) deixou como legado uma nova atitude frente aos desastres, ao modificar aquele olhar fatalista e entregue a destino incerto, passando para uma ideia de ação, centrada na capacidade das comunidades em poder intervir nas suas próprias vulnerabilidades.

Segundo Nogueira (2002), a gestão dos riscos urbanos, mais abrangente, é parte da gestão do ambiente urbano e compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano e de inclusão social e mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas.

A gestão do risco de desastres é conceituada como um processo sistemático de utilizar diretrizes administrativas, organizações, destrezas e capacidades operativas para executar

políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com o fim de reduzir o dano adverso das ameaças naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre (UNISDR, 2009, p.19).

Em 2012, com a publicação da nova Política Nacional de Defesa Civil – PNPDEC, sancionada pela Lei ° 12.608, de 10 de Abril de 2012 a gestão de desastres compreende cinco ações distintas e interrelacionadas, que são: Prevenção; Mitigação; Preparação; Resposta e Recuperação.

Na gestão de desastres, foi então incluído a fase de mitigação, que é a redução do risco a valores aceitáveis e a fase de recuperação substituiu a reconstrução. Estas fases ocorrem nos três níveis de governo (Federal, Estadual e Municipal), de forma multisetorial e com ampla participação comunitária.

A prevenção de desastres é realizada através da avaliação e redução das ameaças<sup>2</sup> e/ou vulnerabilidades<sup>3</sup>, minimizando os prejuízos socioeconômicos e os danos humanos, materiais e ambientais. A Avaliação e redução das ameaças, “estão relacionadas com estudos de natureza técnico-científica, na definição da magnitude de um desastre e no estabelecimento das medidas que possibilitem a proteção da população e de seus bens materiais.”(IPT, 2007, p. 18)

Ao analisar as prioridades<sup>4</sup> do Marco de Ação de Hyogo 2005-2015, observa-se a segunda prioridade: “identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e melhorar os sistemas de alerta precoce;”. Ou seja, a Organização da Nações Unidas já havia definido que a identificação dos riscos de desastres é uma das principais ações para a gestão dos desastres.

No Marco de Sendai, por sua vez foi definido que a “Prioridade 1 é a compreensão do risco de desastres”. Através de políticas e práticas para a gestão do risco de desastres, as quais devem ser baseadas em “uma compreensão clara do risco em todas as suas dimensões de

---

<sup>2</sup>Denomina-se Ameaça como sendo “um fenômeno ou condição que evidencia a possibilidade de ocorrência de eventos desfavoráveis, tais como a destruição de bens e propriedades, ou ferimentos e mortes de pessoas.”

<sup>3</sup>A vulnerabilidade é definida no Marco de Ação de Hyogo como: "Condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de riscos".

<sup>4</sup>As prioridades Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 são: (1) garantir que a redução do risco de desastres seja uma prioridade nacional e local com forte base institucional para a aplicação; (2) identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e melhorar os sistemas de alerta precoce; (3) utilizar conhecimento, inovação e educação para criar uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis; (4) reduzir os fatores de risco subjacentes; e (5) fortalecer a preparação para desastres para permitir uma resposta eficaz em todos os níveis.

vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos<sup>5</sup> e meio ambiente.” (ONU, 2015, p. 10)

A compreensão do risco do desastre, poderá ser utilizada para realizar uma avaliação de riscos pré-desastre, para prevenção e mitigação e para o desenvolvimento e a implementação de preparação adequada e resposta eficaz a desastres.

De acordo com Secretaria de Estado de Defesa Civil de SC o processo de Análise de Risco é dividido em três etapas: 1) Identificação das Ameaças; 2) Avaliação dos Riscos e 3) Hierarquização dos Riscos. (SANTA CATARINA, [2013], p. 53)

Sendo que objetivo da identificação das ameaças “é reconhecer os eventos ou combinações de eventos indesejáveis que podem ocasionar danos ao ser humano, à propriedade ou ao meio ambiente.” Sendo que a identificação da ameaça é possível através da análise de eventos adversos que já ocorreram, através do levantamento de suas características intrínsecas e da identificação do cenário que pode ser afetado por seus efeitos desfavoráveis. (SANTA CATARINA, [2013], p. 54)

Neste capítulo não pretendemos esgotar o assunto Gestão de Risco, pois o mesmo está relacionado com as cinco fases da Gestão em Defesa Civil, ao passo que a pesquisa sobre a identificação do tipo de movimento de massa, está pautada na Prioridade 1 do Marco de Sendai, quanto a compreensão do risco, através da identificação da ameaça e diretamente ligada com a fase de prevenção. Possibilitando que os dados colhidos com a análise do desastre ocorrido sirva de base para as demais fases e ações da Gestão de Risco.

## 2.2 MOVIMENTOS DE MASSA

O objetivo deste item é apresentar uma revisão bibliográfica sobre os processos de movimentos de massa, abordando a classificação dos diferentes tipos, uma vez que, neste trabalho busca-se a análise de um movimento de massa específico que ocorreu no Bairro Pamplona em Rio do Sul, com o objetivo de estudar os movimentos de massa, para a Gestão de Risco.

Diversos profissionais como Geólogos e Geomorfólogos, dentre outros buscam a definição dos movimentos de massa, os quais variam com ligeira diferença entre si. Sendo

---

<sup>5</sup>Perigo está definido no Marco de Ação de Hyogo como: "Evento físico, fenômeno ou atividade humana potencialmente prejudicial que pode causar a perda de vidas humanas ou ferimentos, danos à propriedade, ruptura social e econômica ou degradação ambiental. Os perigos incluem condições latentes que podem representar ameaças futuras e podem ter diferentes origens: naturais (geológicas, hidrometeorológicas e biológicas) ou induzidas por processos humanos (degradação ambiental e perigos tecnológicos).”

que os diferentes enfoques estão relacionados ao interesse de cada campo de especialização. (GUIDICINI E GUERRA, 2014,, P. 1)

Para Highland e Bobrowsky (2008, p.6), o termo movimento de massa é sinônimo de deslizamento e é empregado para “descrever o movimento de descida do solo, de rochas e material orgânico, sob o efeito da gravidade, e também a formação geológica resultante de tal movimento”.

Segundo Guerra e Cunha (2006, p. 124) “Os deslizamentos são, assim como os processos de intemperismo e erosão, fenômenos naturais contínuos de dinâmica externa, que modelam a paisagem da superfície terrestre.”

Observa-se que muitos autores utilizam a expressão “deslizamento” como sinônimo de movimento de massa. No entanto, no presente trabalho não será empregado nenhum sinônimo, para evitar confundir com os tipos das classificações para movimentos de massa.

### **2.2.1 Tipos De Movimentos De Massa**

Os tipos de movimentos de massa são influenciados pela grande variedade de materiais e processos envolvidos. Para uma melhor diferenciação destes diversos tipos torna-se necessário considerar pelo menos os seguintes critérios: velocidade e mecanismo do movimento; material; modo de deformação; geometria da massa mobilizada; e o conteúdo de água (SELBY, 1993 apud GUERRA e CUNHA, 1996, p. 127).

Para Guerra e Cunha (2006, p. 128) os trabalhos realizados por Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991) são os destaques quanto a classificação dos movimentos de massa aplicada no Brasil. Para tanto os autores formularam um Quadro (Quadro 1) onde apresentam de forma simplificada a comparação entre os autores.

Quadro 1 – Comparação entre algumas propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa

Freire (1965)	Guidicini e Nieble (1984)	IPT (1991)
<b>Escoamentos:</b> Rastejos e Corridas	<b>Escoamentos:</b> Rastejos e Corridas	<b>Rastejos</b>
<b>Escorregamentos:</b> Rotacionais e Translacionais	<b>Escorregamentos:</b> Rotacionais, Translacionais, Quedas de Blocos e Quedas de Detritos	<b>Corridas de Massa</b>  <b>Escorregamentos</b>
<b>Subsidências e Desabamentos</b>	<b>Subsidências:</b> Subsidências, Recalques e Desabamentos  <b>Formas de Transição</b> <b>Movimentos Complexos</b>	<b>Quedas/Tombamentos</b>

Fonte: Guerra e Cunha (1996)

Augusto Filho (1992) apresentou uma proposta de classificação, onde detalha a classificação apresentada pelo IPT (1991) e agrupando em quatro grandes classes de processos: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas. Esta classificação, conforme apresentado no Quadro 2, foi a adotada na presente pesquisa.

O tipo de movimento de massa descreve a mecânica interna de como a massa (rocha ou solo, ou ambos) será deslocada, sendo que solo é descrito como terra, se composto principalmente de partículas granuladas como areia, ou mais finas, e detritos, se composto de partes mais graúdas.

Quadro 2 – Classificação de movimentos de massa

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA
RASTEJOS (CREEP)	Vários planos de deslocamento (internos); Velocidade muito baixa a baixas (cm/ano) e decrescente com a profundidade; Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; Geometria indefinida.
ESCORREGAMENTOS (SLIDES)	Poucos planos de deslocamento (externos); Velocidades médias (m/h) a altas (m/s); Pequenos a grandes volumes de material; Geometria e material variáveis: PLANARES: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; CIRCULARES: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza.
QUEDAS (FALLS)	Sem planos de deslocamento; Movimento tipo queda livre ou em plano inclinado; Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso; Pequenos a médios volumes: Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.; ROLAMENTO DE MATAÇÃO TOMBAMENTO
CORRIDAS (FLOWS)	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; Desenvolvimento ao longo das drenagens; Velocidades médias a altas; Mobilização de solo, rocha, detritos e água; Grandes volumes de material; Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Fonte: Augusto Filho (1992)

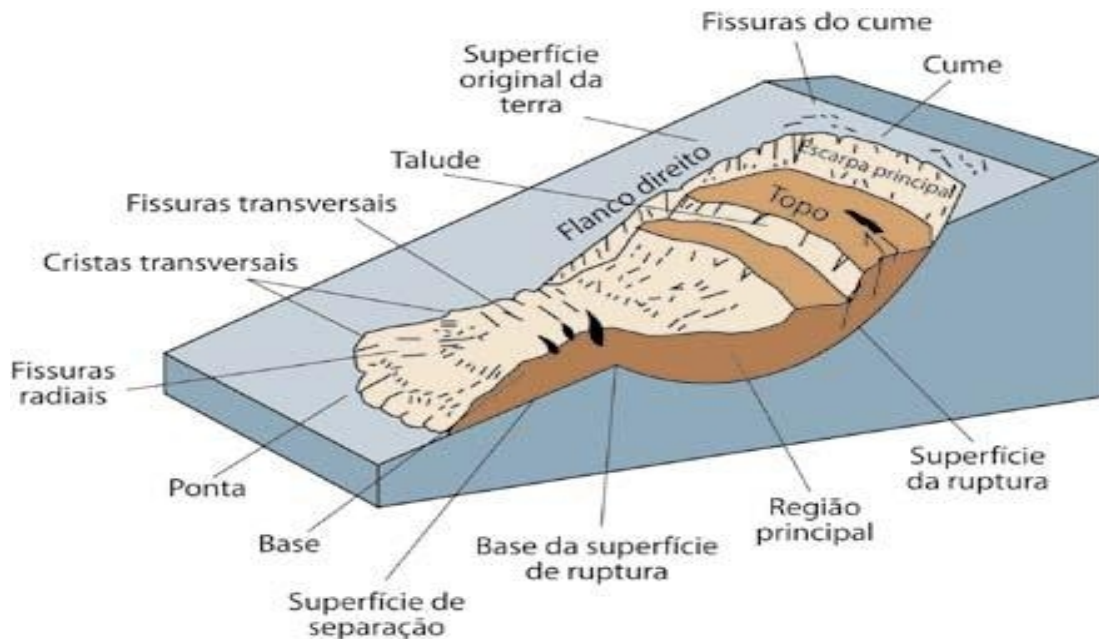
Especificar o tipo de movimento de massa, proporciona saber a velocidade potencial do movimento, o provável volume de deslocamento, a distância de deslocamento, como os possíveis efeitos do deslizamento. Assim é preponderante o entendimento da ocorrência dos movimentos de massa, pois conhecer a forma, a extensão e as causas de cada movimentos, proporcionará medidas preventivas que impliquem na maior segurança da população afetada, dos gestores e das equipes de buscas.

Extraída do Manual de Deslizamento proposto por Lynn M. Highland do Serviço Geológico dos Estados Unidos e Peter Bobrowsky do Serviço Geológico do Canadá (2008), a



Figura 3 apresenta as denominações comumente utilizadas no estudo dos movimentos de massa e que serão aplicadas na presente pesquisa.

Figura 3 - Denominações comumente usadas para as partes de um deslizamento.



Fonte: Ilustração simples de um deslizamento rotacional que evoluiu para um fluxo de terras. A imagem mostra denominações comumente usadas para as partes de um deslizamento (de Varnes, 1978, Referência 43) Apud (Highland e Bobrowsky, 2008, p.7).

### 2.2.1.1 Rastejos

Embora sejam uma transição suave de escorregamento, pois caracterizam-se por serem lentos, contínuos e de menor importância e prejuízo econômico, além de serem de camadas mais superficiais do terreno.

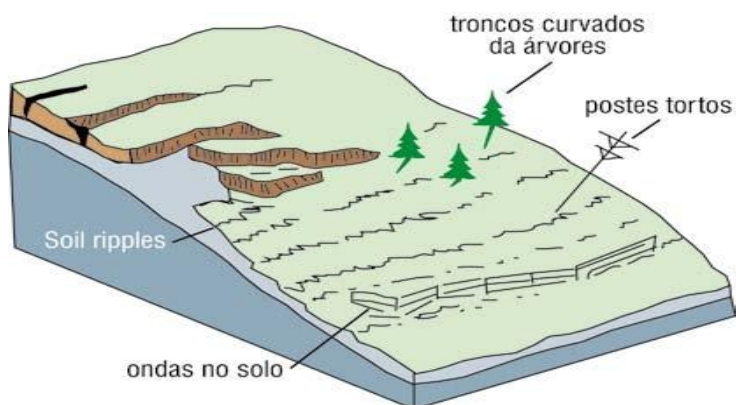
O movimento é provocado pela ação gravitacional, com efeitos devidos à variações de temperatura e umidade. A variação térmica provoca a expansão e contração do material o que resulta em movimento na direção encosta abaixo. A espessura da massa deslocada será proporcional a massa atingida pela variação da temperatura (GUIDICINI e NIEBLE, 2014, P.19).

O mecanismo de deformação nos rastejos é semelhante a um líquido viscoso, sendo que a tensão de fluência é menor que a tensão de cedência ao cisalhamento. Assim a

movimentação (rastejo) ocorre de forma lenta e irregular, em uma fronteira nada definida sobre o que é massa em deslocamento e massa estática.

Como se observa na Figura 4, o rastejo é evidenciado pela presença de árvores com troncos curvados ou inclinados, postes tortos, cercas sem alinhamento ou deslocadas, blocos deslocados de sua posição inicial, dentre outros.

Figura 4. Esquema de um rastejo.



Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 34

Na Figura 5, a imagem mostra os efeitos do rastejo, em uma área próxima a East Sussex, no Reino Unido, chamada Chalk Grasslands. Taludes íngremes de depósitos de calcário marinho desenvolvem um padrão estriado, horizontal, com degraus, cobertos por gramado, de 0,3 a 0,6 metros (1 a 2 pés) de altura.

Figura 5 – Rastejo próximo a East Sussex, no Reino Unido.



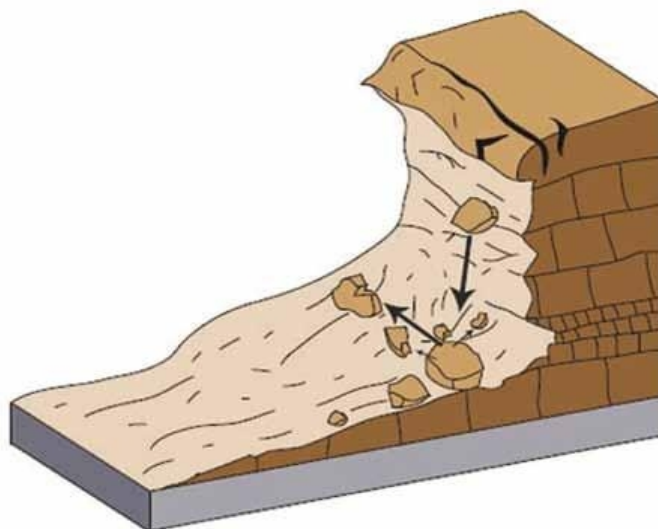
Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 35

### 2.2.1.2 Quedas

As quedas de blocos ou detritos, caracterizam-se por movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rocha, deslocados pelo intemperismo, caindo sob a ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de deslizamento. Na forma de queda livre, se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos. O material que desce, geralmente bate nas paredes inferiores do talude num ângulo menor que o ângulo da queda, causando saltos. A massa em queda pode quebrar no impacto, pode iniciar um rolamento em taludes mais íngremes e pode continuar até a cota mais baixa do terreno. Ocorrem em encostas íngremes de paredões rochosos e contribuem na formação dos depósitos de tálus (Guidicini & Nieble, 1983; Christopherson, 1998; Highland e Bobrowsky, 2008; Fernandes & Amaral, 2009).

A Figura 6, esquematiza a ocorrência da quedas de blocos, bem como a ocorrência de saltos e detritos provocados pelo choque na base do talude. Já a Figura 7, exemplifica a queda de rochas e detritos, que pode variar substancialmente, de rochas individuais ou torrões de solo a blocos maciços de milhares de metros cúbicos de volume, como se observa com o fechamento total da rodovia.

Figura 6 - Queda rochosa.



Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 10.

Figura 7 - Queda rochosa e detritos ocorrido em Clear Creek Canyon, Colorado, EUA, em 2005.



Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 10

Além da queda, segundo Augusto Filho (1992), existem mais dois processos envolvendo afloramentos rochosos, o tombamento e o rolamento de blocos.

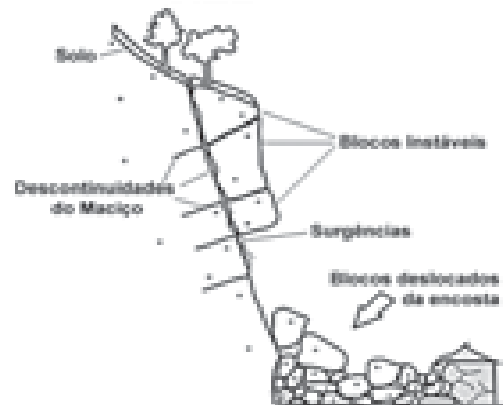
O tombamento, está relacionado a encostas/taludes íngremes de rocha, com descontinuidades (fraturas, diáclases) verticais, como o observado nas Figuras 08 e 09, que mostram o perfil do tombamento e um exemplo de situação de risco de tombamento de bloco rochoso. Enquanto que o rolamento de blocos, ou de matacões, é comum em áreas de rochas graníticas, onde existe maior predisposição a origem de matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície. São quase sempre relacionados a processos erosivos que removem o apoio de sua base, bem como a escavação e a retirada do apoio, decorrente de ocupação desordenada de uma encosta (IPT, 2007). As figuras 10 e 11, exemplificam o perfil esquemático de rolamento de bloco rochoso, bem como a situação de risco relacionado a rolamento de bloco rochoso.

Figura 8 – Área de risco de processos de queda de blocos rochosos.



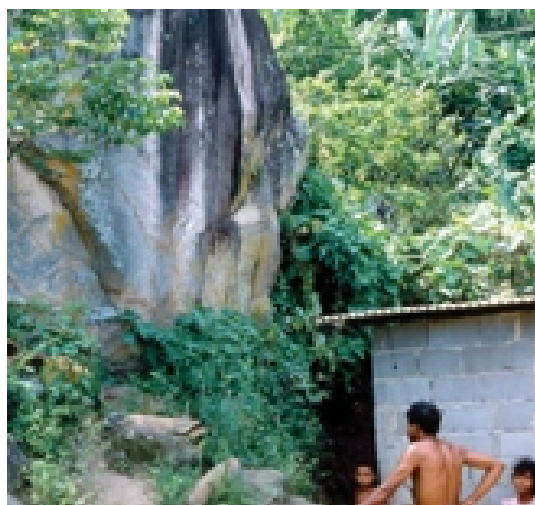
Fonte: IPT, 2007, p. 38.

Figura 9 – Perfil esquemático do processo de queda de blocos.



Fonte: IPT, 2007, p. 38.

Figura 10 – Situação de risco de tombamento de bloco rochoso.



Fonte: IPT, 2007, p. 38.

Figura 11 – Situação de risco de rolamento de bloco rochoso.



Fonte: IPT, 2007, p. 39.

### 2.2.1.3 Corridas

As corridas (ou fluxos) são movimentos rápidos, de caráter essencialmente hidrodinâmico, nos quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos, ocasionados pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura. (Guidicini e Nieble, 2014; IPT 1991; Bigarella, 2003; Guerra e Cunha, 1996)

Ocasionalmente, quando um escorregamento rotacional ou translacional ganha velocidade, e a massa interna perde a coesão ou ganha água, esse fenômeno pode mudar para um fluxo de detritos, principalmente quando o material carregado é direcionado para as linhas de drenagens.

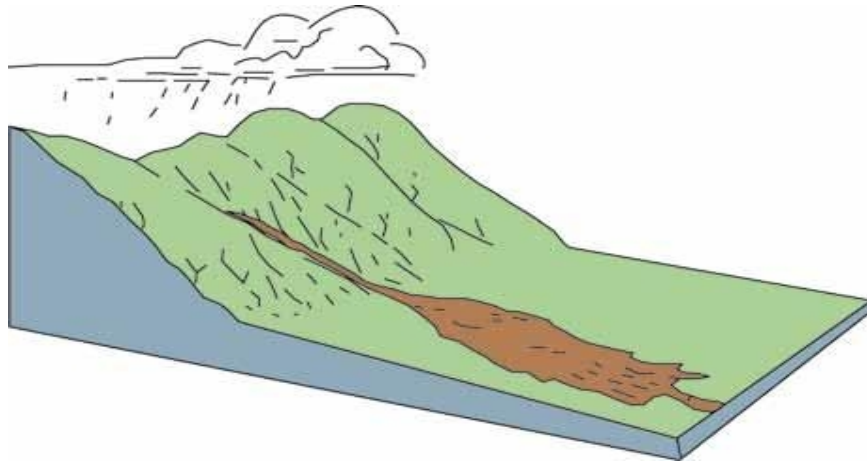
As corridas de detritos são, informalmente e inapropriadamente, chamadas de escorregamento de lama devido à grande quantidade de partículas finas que podem estar ali presentes. São ocasionados pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura dos materiais, em presença excessiva de água (GUIDICINI e NIEBLE, 2014; HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008).

O grau de fluidez, vai influenciar se a massa deslocada terá elevada densidade e viscosidade ou até estados de suspensão, como águas barrentas de um rio. Assim teremos sub classes de corridas como: corrida de terra; corrida de areia e silte; corrida de lama e avalanche de detritos.

As corridas, conforme esquema apresentado na Figura 12, possuem um alto poder destrutivo, podendo ser letais. Ocorrendo de maneira rápida e imediata com alta velocidade, carregando um grande volume de materiais como árvores e rochas, podem enterrar estruturas, preenchendo-as com rápido acúmulo de sedimentos e materiais orgânicos, como observado na Figura 13, que vitimou mais de 30.000 pessoas, além dos danos materiais.



Figura 12 - Esquema de fluxo de detritos.



Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 24.

Em dezembro de 1999 o fluxo de detritos atingiu a cidade de Caraballeda, na base da Cordilheira de La Costan, no litoral norte da Venezuela. Sendo considerando como o pior desastre natural do século 20; muitos dias de chuva torrencial deflagraram o escoamento de lama, torrões de solo, água e árvores que mataram aproximadamente 30.000 pessoas.

Figura 13 - Danos causados por um fluxo de detritos na cidade de Caraballeda.



Fonte (Imagem por L. M. Smith, Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers).  
Apud HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 24.

#### 2.2.1.4 Escorregamentos

Segundo o IPT (1991) os escorregamentos são caracterizados por movimentos rápidos, m/h ou m/s, de duração de certa forma curta, com limites laterais e profundidade bem definidos, onde o centro gravitacional se desloca para baixo e para fora do talude.

Um escorregamento ocorre quando a relação entre a resistência ao cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação decresce até atingir uma unidade. Esse decréscimo é gradual e envolve a deformação progressiva do material situado acima do plano de ruptura e um movimento em declive de todos os pontos situados na superfície do material (GUIDICINI e NIEBLE, 2014, p. 28).

Sendo que, esta deformação progressiva vai provocar, também, um movimento descendente pré-escorregamento, que terá duração relacionada ao espedaçamento da região onde o estado de tensão for próximo do estado crítico de ruptura.

E este espedaçamento será um dos condicionantes para diferenciar os tipos de escorregamentos.

Quanto a geometria e a natureza dos materiais instabilizados, os escorregamentos podem ser subdivididos em três tipos: escorregamentos translacionais ou planares, escorregamentos rotacionais ou circulares e escorregamentos em cunha (IPT 2007; AUGUSTO FILHO, 1992).

##### 2.2.1.4.1 Escorregamentos Translacionais

Os Escorregamentos translacionais representam a forma mais frequente entre todos os tipos de movimentos de massa. Caracteriza-se por uma superfície planar abrupta, bem definida, paralela ao ângulo da vertente, formando descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. Caracteriza-se por serem rasos, com o plano de ruptura, na maioria das vezes, a 0,5 a 5,0 m de profundidade e com maiores extensões no comprimento, derivadas de processos hidrológicos, geológicos, geomorfológicos ou pedológicos (GUIDICINI e NIEBLE, 2014, p. 33; IPT, 2007, p.34; GUERRA e CUNHA, 1996, p. 139).

Esse tipo de movimento de massa pode progredir por distâncias consideráveis, podendo atingir centenas ou milhares de metros, se a superfície da ruptura estiver



suficientemente inclinada, ao contrário dos escorregamentos rotacionais, que tendem a restaurar o equilíbrio do deslizamento.

O material no escorregamento pode variar de solo solto e não adensado até grandes placas de rochas, ou ambos. Escorregamentos translacionais comumente ocorrem ao longo de discontinuidades geológicas tais como falhas, junções, superfícies, estratificações, ou o ponto de contato entre rocha e solo (IPT, 2007, p. 35; HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 16).

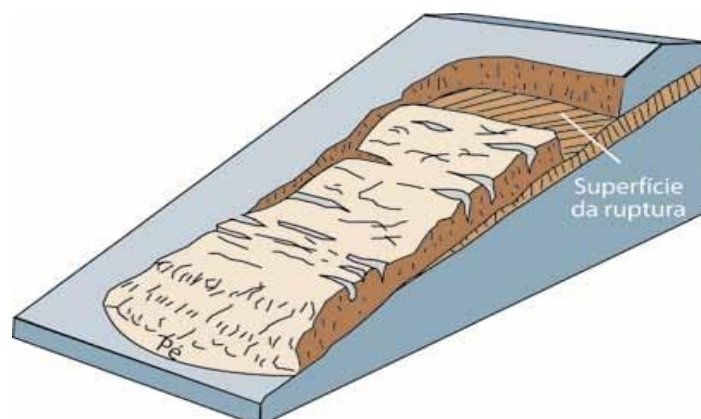
Os escorregamentos translacionais estão diretamente ligados a períodos de intensa precipitação, quando é elevada a poro-pressão, ao longo de discontinuidades mecânicas e hidrológicas. Por serem rápidos, rasos e ligados ao encharcamento repentino do solo, podem transformar-se em fluxos de detritos ou corridas. Por outro lado, podem passar a atuar como rastejos, após sua movimentação e acumulação ao pé da encosta. (GUIDICINI e NIEBLE, 2014, p. 33; HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008, p. 16; GUERRA e CUNHA, 1996, p. 141).

Desta forma, tanto as características morfológicas da encosta quanto as propriedades hidráulicas dos materiais envolvidos assumem papel crucial como fatores condicionantes de geração de escorregamentos translacionais.

Quanto aos danos, o escorregamento translacional pode iniciar de forma vagarosa, danificando propriedades e (ou) redes de abastecimento. No entanto, em terrenos com declividade acentuada, alguns casos podem ganhar velocidade tornando uma grave ameaça à vida. Em casos específicos, os escorregamentos translacionais podem represar rios e causar enchentes.

Na Figura 14, é apresentado o esquema do escorregamento translacional, evidenciando a superfície de ruptura, bem como a espessura e geometria, com comprimento bem superior a sua largura.

Figura 14 – Esquema do escorregamento translacional.



Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008, p. 17.

A Figura 15 exemplifica um escorregamento translacional que ocorreu em 2001 no Vale do Rio Beatton, British Columbia, Canada. (Fotografia por Réjean Couture, Canada Geological Survey).

Figura 15 – Imagem de escorregamento translacional.



Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008, p. 18.

#### 2.2.1.4.2 Escorregamentos Rotacionais

A principal característica dos escorregamentos rotacionais está na superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá o movimento rotacional de grande quantidade de massa do solo. Dentre suas causas estão o desgaste natural da base da encosta, devido ao sistema fluvial, e o desenvolvimento de condições artificiais, como cortes na encosta para a construção de estradas (IPT, 2007, p. 35; GUERRA e CUNHA, 1996, p. 139; GUIDICINI E NIEBLE, 2014, p. 29).

Esse tipo de movimento é característico de regiões com perfis de solo espessos e homogêneos, bem como, em encostas compostas por material argiloso. Assim, o limite rígido da posição inferior pode ser rocha, argila muito dura ou qualquer outro material de resistência superior à do material movimentado.

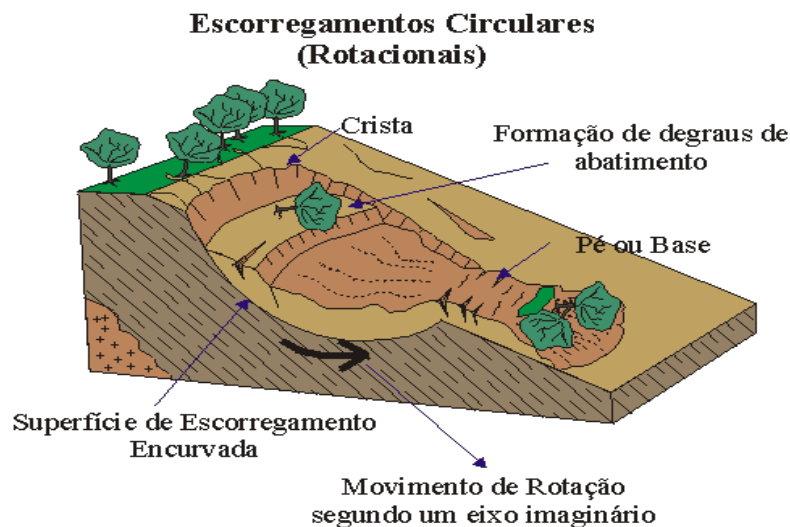
Segundo Guidici e Nieble (2014, p. 29), o colapso do material movimentado ocorre por ruptura ao longo da superfície de escorregamento e rotação em torno do centro do arco. Sendo que em princípio, a força responsável pelo colapso é o peso da cunha e a força de resistência é a resistência ao cisalhamento ao longo do círculo de ruptura.

O topo do material deslocado pode mover-se quase que verticalmente para baixo e a parte superior desse material pode inclinar-se para trás em direção ao talude. Se o escorregamento for rotacional e possuir vários planos de movimento paralelos e curvos, é chamado abaixamento (“slump”) (HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008).

A Figura 16, é a representação de um esquema de escorregamento rotacional, com os seus elementos característicos, como fissuras de cumeeira, escarpa principal bem definida, taludes no material movimentado, fissuras transversais, língua de material acumulado no sopé da encosta, superfície de ruptura e superfície de separação.

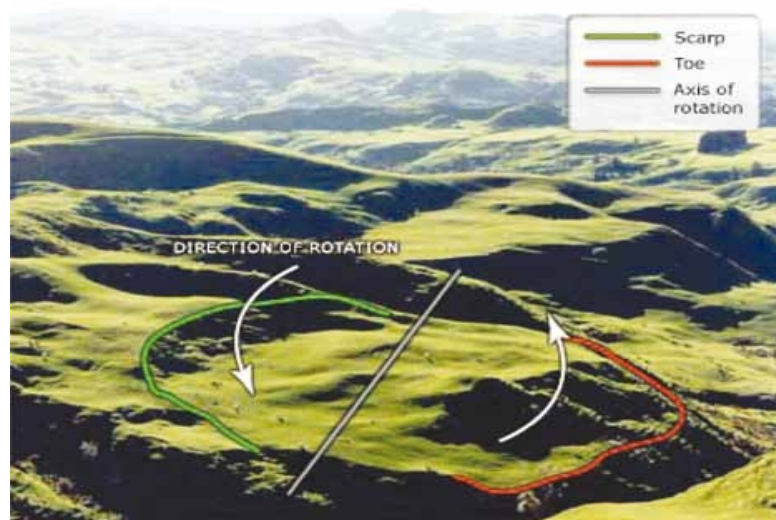
Já a Figura 17, é um exemplo de um escorregamento rotacional ocorrido na Nova Zelândia. Na fotografia pode-se observar a curva verde no centro, à esquerda é a escarpa (área onde o solo rompeu). O solo em pequenas elevações na parte inferior, à direita, é a ponta do deslizamento (linha vermelha). Este fenômeno é chamado escorregamento rotacional pela terra ter se movido da esquerda para a direita de modo curvo. A direção e o eixo da rotação também estão ilustrados. (Foto por Michael J. Crozier, Encyclopedia of New Zealand, atualizada em 21 de setembro de 2007 apud Highland e Bobrowsky, 2008, p. 15).

Figura 16 - Esquema de escorregamento rotacional



Fonte: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html>> acesso em 24 maio de 2017.

Figura 17 - Fotografia de um escorregamento rotacional ocorrido na Nova Zelândia



Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008, p. 15.

#### 2.2.1.4.3 Escorregamentos em Cunha

De acordo com IPT (2007, p. 36), os deslizamentos em cunha estão associados a saprolitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos, como pode ser observado na Figura 18. Estes processos são mais comuns onde foram realizados taludes de corte ou em encostas que sofreram algum processo natural de desconfinamento, como erosão ou deslizamentos pretéritos.

Figura 18 - Esquema de deslizamento em cunha.



Fonte: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>> acesso em 30 agosto de 2017.

A Figura 19, é outro exemplo de uma área que sofreu escorregamento do tipo em cunha, onde se observa que o processo ocorreu em taludes de corte que sofreu um tipo de desconfinamento antrópico (Montgomery, 1992).

Figura 19 - Exemplo onde a área que sofreu escorregamento do tipo em cunha.



Fonte: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>> acesso em 30 agosto de 2017.

### 2.3 FATORES DE INSTABILIDADE DAS VERTENTES E OS CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Segundo Soeteres & Westen (1996), os movimentos de massa são resultados da mudança imposta por processos naturais, como o intemperismo, ou por atividades antrópicas às propriedades mecânicas dos materiais que compõe um talude. Para Wang & Sassa (2006), uma encosta pode sofrer o movimento de massa como resultado de uma resposta quase imediata a estímulos externos, como uma chuva intensa, um evento sísmico ou mesmo marés atmosféricas, provocando uma redução da resistência ao cisalhamento ou um aumento dos esforços atuantes.

Existe um certo consenso entre os pesquisadores quanto aos principais fatores condicionantes desencadeadores dos movimentos de massa. Sendo que estes, são os relacionados com fatores geológicos, pedológicos, geomorfológicos, a pluviosidade, a vegetação e a ação antrópica.

Segundo Zêzere (2005), o fator final não é mais do que um mecanismo desencadeante (triggering factor) que coloca em movimento uma massa que já se encontrava no limiar de ruptura.

### 2.3.1 Condicionantes Geológicos

Segundo Tominaga (2007), considera-se a composição mineralógica ou físico-química das diferentes litologias, suas propriedades mecânicas, estruturas geológicas e grau de intemperismo, dentre os aspectos geológicos, como importantes fatores no desencadeamento de movimentos de massa.

Considerando as características geológicas, as fraturas e falhas representam importantes discontinuidades, tanto em termos mecânicos quanto hidráulicos. As fraturas possuem dois tipos distintos: as de origem tectônica, como as geradas durante fases de deformação de caráter rúptil e as atectônicas, como as que podem se formar por alívio de tensão. As falhas também atuam como caminhos preferenciais da alteração, pois através das falhas o intemperismo avança para o interior do maciço rochoso de modo muito mais efetivo. Já a orientação da foliação e/ou bandamento composicional, estruturas comuns nas rochas metamórficas, também influenciam a estabilidade das vertentes e principalmente de taludes de corte como as de estradas

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1991, p. 15) “o tipo de solo/rocha determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão, em função de suas características granulométricas (argilosos, siltosos e arenosos), estruturais, de espessura, etc.”.

### 2.3.2 Condicionantes Pedológicos

Para os movimentos de massa, os solos estão correlacionados a outros condicionantes como a geologia, geomorfologia e a pluviosidade, mas o estudo da pedologia, configura-se como fator individual que influencia e sofre ação dos fatores erosivos, “em função da sua textura, estrutura, permeabilidade e densidade” Pinto *et al* (2013, p. 107) . Conforme Bigarella et al. (1996, p. 490) “a textura do solo refere-se à proporção relativa das partículas sólidas presentes na massa de solo, influenciando na capacidade de infiltração e absorção de água da chuva”. Na mesma esteira, Salomão (1999, p. 76) deixa claro que “solos mais arenosos são mais porosos, permitindo rápida infiltração da água, e, conseqüentemente, menor capacidade de armazenamento”.

### 2.3.3 Condicionantes Geomorfológicos

A deflagração de movimentos de massa rápidos, principalmente em taludes e encostas, está intimamente ligada a declividade. Segundo o IPT (1991, p. 15) “maiores declividades determinam maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando sua capacidade erosiva; e maior comprimento da encosta implica maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior erosão”.

Segundo BIGARELLA et al. (2003, p. 1031) “O movimento de massa é basicamente influenciado pela morfologia da vertente. A altura desta, bem como a sua inclinação constituem fatores importantes a serem considerados na análise do problema.”

Cruz (1974, p. 160) afirma que “as vertentes mais atingidas por escorregamentos são as que apresentam mais fortes declives, acima de 40%; escorregamentos em declives menos íngremes estão relacionados às zonas de concentração de drenagem”. Sidle et al. (1985, p. 67) considera que “a maioria dos taludes com ângulos maiores que 25° podem apresentar movimentação mais rápida do que aqueles onde os valores são inferiores a esse”.

Tominaga (2007, p. 66), realça que além da declividade, estudos apontam quanto a fatores geomorfológicos “ou muitas vezes denominados de parâmetros topográfico”, a forma da vertente (em planta e em perfil), orientação das vertentes, espessura do solo, amplitude da vertente, elevação e depósitos de vertentes (tálus/colúvio).

### 2.3.4 Pluviosidade

No Brasil, os primeiros estudos realizados relacionando a pluviosidade aos movimentos de massa, foram realizados por Pichler (1957), Barata (1969) e Costa Nunes (1969). No entanto, estudos de correlação entre a pluviosidade e escorregamentos, através da análise dos dados de registros históricos de chuvas, com o objetivo de definir um valor limite de chuva acima do qual ocorreriam escorregamentos é relacionado a Guidicini e Iwasa (1976).

Para o IPT (1991, p.15), a pluviosidade, além de condicionante, pode ser considerada como o principal agente deflagrador imediato dos movimentos de massa. “o volume d’água e sua distribuição no tempo e espaço são determinantes da velocidade dos processos erosivos”.

Segundo Bigarella et al. (2003, p. 1033), “o excesso de água no subsolo afeta os materiais coloidais que, ao invés de conferirem uma resistência ao solo, tendem à sua



“liquefação”. A superfície impermeável ou de cisalhamento torna-se “lubrificada”, facultando o movimento de massa.”

Tatizana et al. (1987) em estudo realizado em movimentos de massa, ocorridos por um período de 30 anos na Serra do Mar, na região de Cubatão, relacionaram uma correlação numérica entre a chuva acumulada que ocasiona a saturação do solo e as precipitações horárias que provocam os movimentos de massa. Segundo os autores as chuvas acumuladas de 4 dias seriam as mais efetivas como condicionantes ao processo inicial dos movimentos de massa, devido à progressiva redução da resistência ao cisalhamento e aumento das forças solicitantes.

Da mesma forma, Tavares et al. (2004) estudaram o índice de pluviosidade durante as ocorrências de movimentos de massa do período de 1991 a 2000, no litoral do estado de São Paulo, com o objetivo de avaliar os totais acumulados de chuva associados às instabilizações e considerando as diferenciações espaciais e temporais inerentes à área. Concluíram que, a maior parte das ocorrências de movimentos de massa, em torno de 70%, foram registradas com chuva acumulada igual ou superior a 120mm em 72 horas.

No Japão, foi definido um método de índice pluviométrico para evacuação preventiva contra ao que eles chamam de “desastres de sedimentos” (movimentos de massa). Segundo Kogio (2014, p.1), em junho de 2005 é proposto a técnica de definição do índice de pluviosidade para evacuação preventiva contra movimentos de massa, em parceria entre o Departamento de Controle de Deslizamentos do Solo do Ministério das Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo e o Departamento de Previsão da Agência Meteorológica. A técnica é baseada na obtenção de dados de uma “série de precipitação” com data e ocorrência do movimento de massa, através de estações meteorológicas por quadrantes de 5 km. Da mesma forma, são analisadas todas as séries de precipitações que não provocaram os movimentos de massa. Com essa técnica os japoneses, realizam a definição de chuva padrão para alertas e evacuação de movimentos de massa. Com base no Método de cálculo da chuva realizada, adota-se os índices de meia-vida de 1,5 horas e meia-vida de 72 horas. Nesta técnica eles orientam quanto a organização da chuva com ocorrência de movimentos de massa, onde deve-se fazer o levantamento da hora em que ocorreu o movimento de massa no passado, através de bibliografias e entrevistas, e organizar os dados sobre as precipitações da Estação de Observação de Chuva da proximidade. Conforme estudo, os movimentos de massa, estão ligados a chuvas torrenciais de 1,5 hora ou chuvas acumuladas de 72 horas, sendo que para cada quadrante de 5 km, pode haver um valor distinto dos demais. Mas o que se observa nos dados coletados nos últimos 10 anos pela parceria entre o Departamento de Controle de



Deslizamentos do Solo do Ministério das Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo e o Departamento de Previsão da Agência Meteorológica, é que o valor médio para as chuvas torrenciais são de cerca de 40 mm e para as chuvas acumuladas de 72 horas são de cerca de 160 mm.

Para Kogio (2014, p. 8), “a hora que ocorreram os desastres de movimento de massa determina o volume de chuva no momento da ocorrência”; daí a importância de buscar informações com alto grau de precisão.

### **2.3.5 Vegetação**

Segundo o IPT (1991, p.27).“A vegetação atua no sentido de favorecer a estabilidade das encostas, através do esforço mecânico (raízes) e redistribuição da água de chuva, diminuindo e retardando a infiltração desta no terreno, além de protegê-lo contra a erosão”. Assim a cobertura vegetal é tida como o agente que mantêm o equilíbrio das vertentes, reduzindo a intensidade dos agentes do clima nas vertentes naturais e por conseguinte, reduzindo a ocorrência de movimentos de massa, tanto referindo-se à frequência, como a intensidade.

A cobertura vegetal é considerada como fator de estabilização de encostas não somente em relação aos escorregamentos, como também em relação a movimentos lentos de rastejo (GUIDICINI E NIEBLE, 1984). No entanto, por mais que pareça contraditório, a cobertura vegetal em algumas situações pode favorecer a ocorrência dos movimentos de massa. Para Gray & Leiser (1982) a cobertura vegetal pode também atuar de forma desfavorável ao provocar o efeito alavanca dos troncos das árvores que são transferidas ao terreno como forças cisalhantes, por ação dos ventos; efeito cunha, transmitida como pressão lateral pelas raízes e o efeito sobrecarga vertical devido ao peso das árvores.

### **2.3.6 Ação Antrópica**

Segundo Bigarella et al. (2003, p.1035-1038) “a ação antrópica tem tido uma participação ponderável na desestabilização das vertentes da paisagem moderna. O homem ultimamente está alterando as vertentes de tal forma que ocasionalmente vastas áreas procuram um novo equilíbrio através de extensas movimentações de massa”

Para o IPT (1991, p. 27) considera que as “diversas intervenções que o homem realiza no meio, como, por exemplo, cortes, aterros, desmatamentos, concentrações de águas superficiais, vibrações etc., modificam o equilíbrio das encostas, provocando sua instabilização”.

Por mais que, quando realizado de forma consciente a interferência do homem, pode ser no sentido de diminuir os movimentos de massa e seus efeitos. No entanto, geralmente as diversas atividades realizadas pelo homem, o constituem como o mais importante agente modificador da dinâmica das vertentes, devido principalmente o avanço das diversas formas de uso e ocupação que aceleram e ampliam os processos de instabilização.

## 2.4 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANALISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Tendo por base que a Geografia é uma ciência que sempre se ocupou da representação e análise de características ambientais, retratando os seus resultados sob forma de textos, mapas, diagramas, fotografias e diversas outras formas, a produção de informações geográficas sempre procurou se apoderar dos mais modernos recursos tecnológicos disponíveis, surgindo assim o geoprocessamento como:

“Uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados” (ROCHA, 2007).

“A tecnologia do geoprocessamento desenvolvida inicialmente para fins militares, passou a ser utilizada em estudos ambientais. Com o geoprocessamento tornou-se possível analisar e estabelecer as relações sistemáticas do ambiente, servindo como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão e ao planejamento.” (XAVIER-DA-SILVA, 2004).

“A razão fundamental que possibilitou o desenvolvimento desses estudos foi a crescente habilidade da informática e dos

programas computacionais, que aumentou a velocidade de processamento e a capacidade de manejar grandes quantidades de informação. Esse avanço possibilitou que se começasse a pensar que a complexidade, em si mesma, possui as suas próprias leis, que podem ser simples e coerentes.” (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Considerando que os estudos atuais envolvem tamanha complexidade como descrita pelo autores citados, se torna quase que impossível a não utilização do geoprocessamento, nos estudos dos sistemas ambientais, onde se verifica a dinâmica da natureza no espaço e no tempo.

#### **2.4.1 Mapeamento de Áreas de Risco**

Segundo Fernandes e Amaral (2000), documentação e investigação de movimentos de massa são etapas fundamentais para aplicar soluções adequadas e reduzir as perdas e danos causados por esse evento. A documentação procura garantir o registro dos processos ocorridos no passado e no presente para, assim, gerar dados de análise visando a prevenção de movimentos de massa no futuro, bem como servir de base para a modelagem física dos processos, facilitando o avanço do conhecimento sobre os mecanismos destes movimentos.

Desta forma, para se obter uma documentação precisa sobre deslizamentos é necessário alcançar um conhecimento detalhado de seus condicionantes, ou seja, dos agentes que levaram à sua deflagração. Este conhecimento é obtido a partir da investigação que, em geral, envolvem os seguintes componentes geotecnológicos: Imagens de Satélites; Fotografias Aéreas; Cartografia; Processamento e Tratamento de Dados e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

As cartas topográficas, as fotografias aéreas e os mapas são uns dos documentos mais utilizados nesse processo de investigação, pois é por meio deles que são feitas as análises e associações das diversas características da paisagem considerada como área de risco.

Além disso, os levantamentos de campo e um cadastro de movimentos de massa atualizado, podem contribuir para o entendimento da ocorrência e recorrência, a partir de estudos já realizados que permitam a análise da presença de processos interativos sobre uma determinada área geográfica e da influência dos fatores deflagradores, em separado ou em conjunto.

### 2.4.2 Sistemas de Informação Geográfica

O SIG, com seu caráter de gerenciador de informações espaciais e de atributos da superfície terrestre, aperfeiçoa o desenvolvimento de investigação e análise propostas, com o cruzamento dos dados levantados e a formulação e teste dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos.

Dentre as aplicações do SIG na análise ambiental pode-se citar Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento e Gestão Territorial e os Prognósticos Ambientais. Câmara e Medeiros (2001) apontam que, “na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico- biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento”. Nesse sentido, em projetos ambientais, a análise tem de ser feita de maneira integrada baseada na combinação de atributos de diferentes variáveis considerando suas características separadamente, independente da influência exercida pelas demais.

Em relação a esse tipo de análise integrada, Câmara e Medeiros (2001) ressaltam que “em Geoprocessamento, estes métodos objetivam identificar e descrever unidades homogêneas por meio dos procedimentos analíticos disponíveis num SIG”.

O SIG, com seu caráter de gerenciador de informações espaciais e de atributos da superfície terrestre, aperfeiçoa o desenvolvimento de investigação e análise propostas, com o cruzamento dos dados levantados e a formulação e teste dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos.

Segundo Fernandes e Amaral (2003), o SIG funciona como um conjunto de facilidades e instrumentos computacionais para arquivo, recuperação, transformação e apresentação de dados espaciais para atingir a análise de um determinado processo. Com ele pode se sobrepor facilmente mapas temáticos em escalas diferentes e ajudar na dinâmica da criação e complementação de outros dados, com base na análise ponderada, de variáveis.

Na literatura, encontram-se diversos trabalhos sobre o uso de SIG's em estudos de movimento de massas: Vieira *et al.* (2005), Havenith *et al.* (2006), Saha *et al.* (2005), Ohlmacher e Davis (2003), Thach e Hung (2004), etc.

### 2.4.3 Potencial dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise de Movimentos de Massa

Diversos autores têm utilizado o potencial de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para identificar, modelar e analisar movimentos de massa através de técnicas de zoneamento de instabilidade e modelagem de encostas.

Devido à natureza complexa dos fenômenos relacionados a movimentos de massa, a estimação da magnitude e probabilidade de deslizamentos requer uma grande quantidade de informações, como:

- características topográficas (declividade, forma da encosta, hipsometria, etc.);
- estratigrafia e geologia (tipo e características dos materiais);
- hidrogeologia (águas superficiais e subterrâneas e suas variações ao longo do tempo);
- pedologia;
- uso e cobertura da terra;
- cobertura vegetal;
- pluviometria, etc.

Estes fatores podem atuar em conjunto ou separadamente, sendo muitas vezes difícil a sua caracterização. Dados extraídos com o uso de fotografias aéreas têm sido analisados em combinação com informações adicionais relacionadas a movimentos de massa, fazendo uso de técnicas de SIG, para auxiliar na análise desses processos.

O rápido desenvolvimento das geotecnologias, com um grande número de novos processos e a constante atualização dos potentes softwares de SIG tem contribuído muito para o avanço desta área.

Deve também ser ressaltada, a importância do aspecto multitemporal, que permite o registro das áreas afetadas possibilitando a análise das modificações antes e após a ocorrência da deflagração dos processos relativos a deslocamento de massas.

Outro grande impacto no campo da geração da base de dados para análise de movimentos de massa, utilizado na maioria das pesquisas voltadas para o assunto, é a geração do Modelo Digital de Terreno (MDT), que tem sofrido significativas mudanças em termos de disponibilidade de dados e velocidade de processamento e extração de informações nos últimos anos.

O Modelo Digital de Terreno é cada vez mais utilizado para análises visuais e matemáticas de topografia, paisagem, formas de relevo, bem como para a modelagem de processos superficiais.

#### **2.4.4 Geotecnologias e Métodos de Avaliação dos Movimentos de Massa**

O desenvolvimento de metodologias que utilizam Sistemas de Informação Geográfica (SIG) torna-se essencial para a integração e espacialização de informações e geração de modelos de previsão de ocorrência de movimentos de massa.

Para Guimarães et al. (2008) os principais métodos de previsão de movimentos de massa podem ser divididos em quatro grupos: (a) análise da distribuição dos movimentos de massa no campo; (b) análise baseada em mapeamentos geológicos e/ou geotécnicos; (c) aplicação de modelos com bases estatísticas; e (d) aplicação de modelos matemáticos.

Com relação às geotecnologias aplicadas no estudo dos movimentos de massa, os dados obtidos por aerofotogrametria, têm grande utilidade na detecção, mapeamento e monitoramento. Guimarães et al. (2008) destaca que feições como superfície de ruptura, cicatrizes de escorregamento e leques de deposição podem ser identificadas, quantificadas e mapeadas baseadas na interpretação de fotografias aéreas. Estes dados podem ser utilizados na identificação e quantificação da área de abrangência desses processos. Além disso, é possível identificar e mapear variáveis condicionantes dos processos, como a forma das vertentes, umidade do solo, canais de drenagem, tipo e densidade de cobertura vegetal e uso da terra.

Nesta perspectiva, Yalcin (2007) destaca que houve um progresso na definição da suscetibilidade de deslizamentos em virtude do desenvolvimento dos SIG e as geotecnologias relacionadas, uma vez que os dados são organizados facilmente e de acordo com critérios matemáticos e estatísticos é possível armazenar, processar e analisar facilmente uma quantidade grande de dados complexos em um tempo curto.

Os Modelos Digitais de Terreno (MDT's), também constituem uma importante ferramenta na análise dos movimentos de massa uma vez que, permitem visualizar o espaço geográfico em três dimensões e, utilizando um SIG, obter de forma automática, as variáveis morfométricas (declividade, orientação de vertentes) que alimentam os modelos de previsão de movimentos de massa (GUIMARÃES et al., 2008).

Nesse sentido, pode-se constatar que os SIG são fundamentais para determinação das áreas de risco, assim como, para o estudo e monitoramento dos movimentos de massa.





### 3 MÉTODO

A principal modalidade de pesquisa utilizada neste trabalho fundamenta-se em um estudo de caso. A partir do estudo do movimento de massa ocorrido no dia 08 de setembro de 2011, no Jardim Alexander, Bairro Pamplona em Rio do Sul. Essa modalidade, segundo Cervo et al (2007, p. 62), consiste na “pesquisa sobre um determinado indivíduo, família, grupo ou comunidade que seja representativo do seu universo, para examinar aspectos variados de sua vida”.

A fim de conceituar movimentos de massa, seus tipos e entender os condicionantes envolvidos, para contextualizar o trabalho de forma eficiente e fornecer subsídio teórico para a análise do estudo de caso, foi efetuada uma pesquisa na modalidade bibliográfica no segundo capítulo. Marconi e Lakatos (2010, p. 166) esclarecem que “sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto”. A pesquisa bibliográfica permite ao investigador cobrir uma ampla gama de fenômenos. Gil (2007, p. 45) ressalta ainda que “essa vantagem torna-se particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muitos dispersos pelo espaço”.

Para o estudo de caso foi obtido junto a Defesa Civil do Município de Rio do Sul: as ortofoto fornecidas pelo Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável, do município de Rio do Sul, de 2011 realizadas antes do evento em escala de 1:10.000; as ortofotos adquiridas pelo próprio município de Rio do Sul, de 2012 realizadas após o evento em escala de 1:10.000; o Projeto Executivo do Serviço de Engenharia para estabilização da área; Laudos preliminares realizados pelo CENACID-UFPR e pelo DRHI/SDS; bem como histórico de precipitação no município do período de 1983 à 2016.

Foi solicitado ao CIRAM os dados pluviométricos de Rio do Sul no ano de 2011. No entanto, a estação pluviométrica de Rio do sul, pertencente a Agência Nacional de Águas, estava inoperante no período de junho a outubro de 2011. Assim foi fornecido os dados das estações pluviométricas mais próximas de Rio do Sul, sendo a de Lontras e de Ituporanga. Os dados são horários e possibilitam analisar o índice pluviométrico acumulado até o momento do movimento de massa.

Quanto a análise dos dados em SIG, foi realizado o mapeamento da cobertura da terra através dos passos:

- a - Aquisição de ortofotos pré e pós evento;
- b - Interpretação de imagens aéreas;

- c - Escolha e identificação de classes, seguindo a ordem de interesse:
  - Área de ocupação urbana;
  - Área de cultivo + pastagem;
  - Silvicultura;
  - Área de vegetação herbácea;
  - Área de vegetação arbustiva;
  - Área de vegetação arbórea/florestal;
  - Massa d'água
- d - Escolha de cores das legendas a partir no manual técnico de cobertura da terra do IBGE;
- e - Vetorização de classes definidas; e
- f - Cálculo automático de área de cobertura.

Quanto ao mapeamento de Bacias de drenagem localizadas na área de estudo, foi estabelecida através de uma técnica automática realizada no software ArcGIS, com uma extensão chamada *Arc Hydro Tools*. A partir dos passos à seguir, foram gerados produtos como, bacias de drenagem da área, canais de drenagem e ordem destes canais.

- a - Fill Sinks: A primeira etapa foi o preenchimento de buracos no modelo digital de terreno;
- b - Flow Direction: Geração de raster de direção de fluxo do modelo;
- c - Flow Accumulation: Cálculo do peso da declividade de cada célula do modelo;
- d - Stream Definition: Geração de raster com a definição de canais de drenagem (talwegues);
- e - Stream Segmentation: Geração de raster de segmentação dos canais a partir de suas ordens;
- f - Catchment Grid Delineation: Definição de sub-bacias a partir da segmentação de canais;
- g - Catchment Polygon Processing: Geração de shapefiles a das sub-bacias;
- h - Drainage Line Processing: Geração de *shapefile* a partir do raster definição de canais de drenagem;
- i - Adjoint Catchment Processing: Processo de segmentação das bacias geradas no Catchment Grid Delineation;
- j - Drainagem Point Processing: Geração de pontos de drenagem, que servem para a identificação dos pontos finais de bacias;
- k - Batch Watershed Delineation: A partir dos pontos gerados, foram escolhidos dois pontos finais para a delimitação da bacia interesse; e
- l - Watershed Delineation: Delimitação final das bacias de interesse.

Como método de investigação e apresentação dos dados, utilizou-se o método de descrição das características do movimento apresentado por Guidicini e Nieble (2014, p. 95), que apresenta uma relação dos elementos considerados significativos para descrição de um movimento de massa hipotético, já ocorrido ou em vias de ocorrer.

A relação possui os seguintes elementos:

- a) Características geométricas e morfológicas;
- b) Descrição das partes típicas;

- c) Natureza e estado do material envolvido;
- d) Características estruturais;
- e) Características mecânicas;
- f) Mecanismo do movimento;
- g) Superfície de movimentação;
- h) Comportamento no tempo;
- i) Relações de mais movimentos;
- j) Consequências na área.

Como Guidicini e Nieble (2014) afirmam, “os elementos citados poderão ser fundidos, outros detalhados, dependendo das condições encontradas em cada situação.”

Para análise e identificação dos elementos significativos, citados por Guidicini e Nieble (2014), utilizou-se fotos do movimento de massa, obtidas junto a Secretaria Municipal de Rio de Sul, análise dos relatórios emitidos pelo CENACID-UFPR e pelo CPRM, análise do Projeto Executivo de Engenharia para a contenção da encosta, referente ao movimento de massa em estudo, emitido pela Defesa Civil do Município de Rio do Sul, e mapas de bacias de drenagens, de ordem de canais e da cobertura da terra da área de estudo, produzidos no GEOLAB/UEDESC.



## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo descreve-se e analisa-se a área de estudo, com a devida caracterização, situação e localização, divididas em: apresentação e análise dos mapas da bacia de drenagem, de ordem de canais e uso e cobertura da terra e apresentação e análise dos dados climatológicos e distribuição de chuvas

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Rio do Sul localiza-se na microrregião do Alto Vale do rio Itajaí, Norte de Santa Catarina, Sul do Brasil. Encontra-se aproximadamente a 250 km da capital do Estado, Florianópolis, com acesso a partir da BR-282 ou da BR-470. Com uma área de 258 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016), limita-se ao norte com o município de Presidente Getúlio; ao sul com o município de Aurora; ao leste com os municípios de Ibirama e Lontras; e a oeste com os municípios de Agronômica e Laurentino.

A pesquisa tem como recorte o Município de Rio do Sul e sua porção geográfica, o alto vale do Itajaí, entre a Serra do Mar e a Serra Geral. Localiza-se entre as coordenadas 27°26' 59'' e 27°14' 65'' de latitude sul e 49°70' 38'' e 49°53' 85'' de longitude oeste. A altitude da sede municipal é 339,88 metros acima do nível do mar, a temperatura média anual de 18°C, com máxima de 34° e mínima 5°C.

Rio do Sul possui uma economia bastante diversificada, incluindo, comércio de variedade de produtos; indústria metalúrgica, mecânica, moveleira, têxtil; de componentes eletroeletrônicos e de produtos alimentícios. A área agrícola é de 27.215 hectares. Os produtos agrícolas de destaque do município são: arroz irrigado; cebola; feijão; fumo; milho; hortifrutigranjeiros; e rebanho bovino e suíno (IBGE, 2016).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), do município é 0,802, parâmetros de 2010 (IBGE, 2016), indicador de uma boa qualidade de vida.

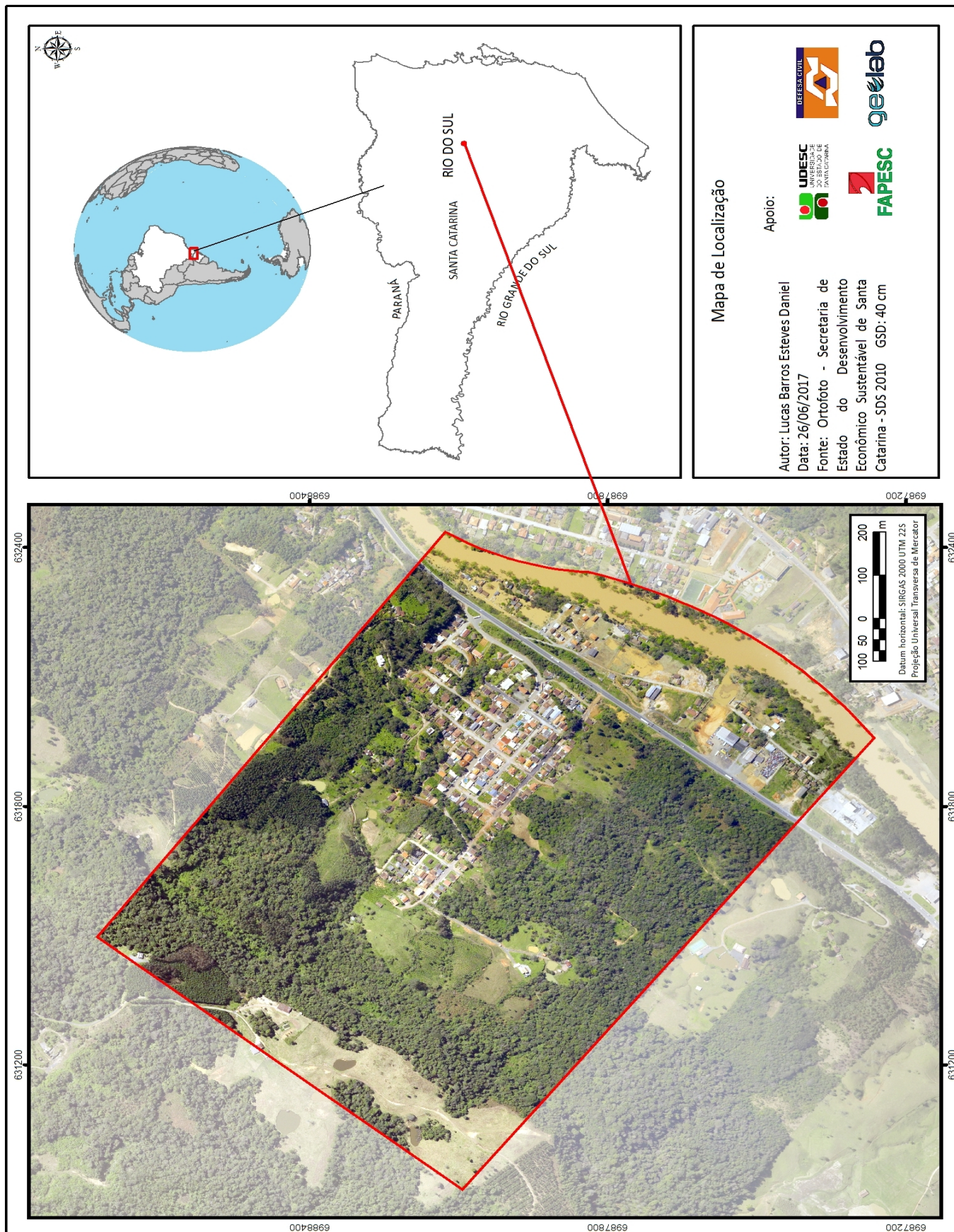
O Produto Interno Bruto (PIB), segundo dados do IBGE em 2013 foi de 1.571.313,00 milhões de reais, sendo o setor de serviços o responsável por 2/3 do valor total (IBGE, 2016).

#### 4.1.1 Situação e localização da área de estudo

O bairro Pamplona localiza-se na porção oeste do município e a margem esquerda do rio Itajaí do Oeste, conforme pode ser observado na Figura 20.



Figura 20 – Mapa de localização.



O Bairro Pamplona no município de Rio do Sul, foi escolhido para este estudo, devido ao fato de que neste local ocorreu o maior movimento de massa em 2011, bem como pela disponibilidade de estudos de sondagens e material aerofotogramétrico de alta qualidade, com escala de 1:1000 e pixel de 0,20 metros e resolução de 1 metros, que auxiliaram na aplicação dos dados em SIG para entender as características da área de estudo e as condicionantes relacionadas ao movimento de massa.

O ponto onde ocorreu o movimento de massa em estudo, possui um loteamento chamado Jardim Alexander, com residências unifamiliares. O loteamento foi instalado após as enchentes de 1983 e 1984, quando a população do município procurou áreas mais altas para fugir das regiões alagadas pelas enchentes de 1983 e 1984.

#### **4.1.2 Descrição das Características do Movimento de Massa**

Neste tópico descreve-se as características do movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona em Rio do Sul em setembro de 2011, com o objetivo de definir o tipo do movimento de massa.

Quanto a descrição das características geométricas e morfológicas e das partes típicas, o relatório emitido pelo Centro de Apoio Científico em Desastres da Universidade Federal do Paraná CENACID/PR (2011, p.1) o movimento de massa possuía 250 metros de largura, 230 metros de comprimento e profundidade variando de 12 a 15 metros.

A extensão do movimento de massa em estudo, pode ser observada pela Figura 21, que apresenta uma foto aérea obtida logo após a ocorrência do fenômeno. Bem como, a Figura 26, Mapa de cobertura da Terra pós movimento.

A forma de manifestação do movimento de massa, pode ser observada nas Figuras 22, 23 e 24. A figura 22, mostra o abatimento ocorrido na parte superior do movimento. Com uma escarpa principal (crista) significativa com cerca de 18 metros, deformando toda a massa movimentada, formando degraus de abatimento, taludes e fissuras transversais, como observado na Figura 23. Já na Figura 24 é visível a projeção do pé (base) do movimento, como a elevação do material na base da superfície de ruptura e sua projeção sobre a superfície de separação, caracterizado pela projeção da residência amarela sobre uma residência 3 lotes após, cerca de 36 metros de onde estava.



Figura 21 – Foto aérea do movimento de massa.



Fonte: André Gustavo Wormsbecher (2011).

Figura 22 – Foto da escarpa formada no cume do movimento de massa.



Fonte: André Gustavo Wormsbecher (2011).



Figura 23 – Foto das fissuras transversais no material movimentado.



Fonte: André Gustavo Wormsbecher (2011).

Figura 24 – Base do movimento.



Fonte: André Gustavo Wormsbecher (2011).

No tocante a natureza e estado do material envolvido, a bacia do Rio Itajaí-açu está inserida na sequência estratigráfica gonduânica da Bacia Sedimentar do Paraná, representada por duas unidades geológicas que constituem a base desta bacia, a Formação Rio do Sul, pertencente ao Grupo Itararé e, a Formação Rio Bonito, pertencente ao Grupo Guatá.

Segundo a avaliação emergencial preliminar no loteamento Jardim Alexandre, realizada pelo CENACID-UFPR, “a rocha encontrada no local é um ritmito com intercalação de níveis arenosos e níveis argilosos pertencentes a Formação Geológica Rio do Sul.” (CENACID-UFPR, 2011, p.1). No local também foram observados matacões e blocos de arenitos da Formação Rio Bonito, mobilizados por antigos movimentos de massa na escarpa, no contato entre as duas unidades geológicas (Rio Bonito e Rio do Sul)

No mesmo sentido, o laudo preliminar apresentado pelos Geólogos Fábio Luiz Zandonai e Enaldo Ribeiro Santos, ambos Analistas Técnicos de Desenvolvimento Sustentável da Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – DRHI/SDS, corroboram com geologia de Rio do Sul e do Bairro Pamplona onde está localizado o Jardim Alexander;

A região de Rio do Sul apresenta uma geologia composta por depósitos de tálus associados com sedimentos da porção proximal de franja de leques submarinos – arenito fino sem organização interna, com raros fragmentos de folhelhos e seixos pingados de rochas do embasamento cristalino – arenito médio a grosseiro na base com transição para siltito e/ou folhelho no topo e diamictitos (matriz é lamito silto-argiloso, localmente arenoso e/ou microconglomerático). Trata-se de uma sequência glácio-marinha constituída na porção inferior por folhelhos e argilitos cinza escuros, localmente de aspecto várvido e, na porção superior, por intercalações de folhelho argiloso e de camadas silto-argilosas e arenito, mostrando uma estrutura orientada. Existem ainda “sills” de diabásio e/ ou basalto cortando as estruturas presentes. Estas litologias pertencem à Formação Rio do Sul do Grupo Itararé.

VISTORIA BAIRRO JARDIM ALEXANDER- Ruas Louro, Cerejeira e Cangerana.  
Coordenadas: 49°40'15,16”O / 27°13'21,10”S

Local com grande volume de depósito de tálus, com trincas de até 50cm de largura.

Na base da formação aparecem folhelhos (rocha pelítica com matriz argilosa).

Houve a recomendação para interdição de residências. Caixa d água que abastece o bairro com alto risco de desabamento ( foi removida). DATA: 10/09/2011.

(DIRH/SDS 2011)

No ano de 2012 a Prefeitura municipal de Rio do Sul, com o objetivo de realizar uma obra de engenharia para estabilização da encosta, contratou o serviço de sondagem no Bairro Pamplona, mais especificamente no Jardim Alexander, para estudo do movimento de massa ocorrido e assim propor a melhor estabilização da encosta movimentada.

Para o Jardim Alexander, o perfil geotécnico apresentado pela empresa TECGEOFÍSICA em fevereiro de 2012 exhibe espessuras de materiais inconsolidados (solos + entulhos) que variam de 5 a 15 metros. O topo da camada de folhelhos da Formação Rio do Sul é irregular, e a rocha, igualmente com o diabásio que não aflora, são cortados por estruturas que se assemelham a falhas geológicas. Os dados obtidos pela perfilagem geofísica corroboram a previsão realizada no relatório CENACID-UFPR (2011), que previa espessuras de material inconsolidado de 4 a 15 m.

Assim, a característica do material existente na área do movimento, proporciona que a água infiltre no arenito, valendo-se principalmente da permeabilidade natural da rocha, de discontinuidades (como falhas e fraturas) e atingindo o contato com os argilitos e folhelhos da Formação Rio do Sul, de característica impermeável. Devido à baixa permeabilidade dessas rochas, a água, por vezes, se acumula nos contatos, aumenta a poropressão, gerando condições altamente propícias ao desencadeamento de escorregamentos das camadas de rochas e/ou solos superiores.

Quanto ao mecanismo de movimentação, em entrevista com moradores, os técnicos do CENACID-UFPR, registraram que o início do movimento de massa iniciou na noite do dia 08 setembro de 2011, a partir das 18h e continuou evoluindo até aproximadamente as 12 horas do dia 09 de setembro. “O material avançou cerca de 20 metros em aproximadamente 7 a 8 horas. Seis edificações foram destruídas e algumas outras danificadas.”( CENACID-UFPR, p.2).

#### **4.1.3 Cobertura da Terra pré e pós movimento de massa**

Com a interpretação das imagens aéreas pré e pós movimento de massa, foi realizada a vetorização das classes pré definidas, obtendo-se os resultados expressos nas Tabelas 1 e 2.

Desta forma, a área em estudo possui 127,13 hectares com predomínio de área coberta por vegetação de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, totalizando 59,69% da área. A área com ocupação urbana representa 23,12% da área. Temos ainda áreas com cultivo e pastagens, massas de água, silvicultura e antes mesmo do movimento de massa, temos uma pequena área com 327,08 metros quadrados de área com movimento de massa no final do loteamento Jardim Alexander.

Tabela 1 – Cobertura da terra pré evento

<b>Cobertura da terra pré evento</b>			
<b>Classe</b>	<b>há</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Área de ocupação urbana	29,40	293975,86	23,12
Área de vegetação de porte arbóreo	58,50	585011,14	46,02
Área de vegetação de porte arbustivo	3,98	39816,51	3,13
Área de vegetação de porte herbáceo	13,39	133896,42	10,53
Cultivo + Pastagem	5,81	58117,10	4,57
Massa d'água	8,45	84539,94	6,65
Silvicultura	7,56	75646,14	5,95
Depósito de movimento de massa	0,03	327,08	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>127,13</b>	<b>1271330,17</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor.

Tabela 2 – Cobertura da terra pós evento

<b>Cobertura da terra pós evento</b>			
<b>Classe</b>	<b>há</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Área de ocupação urbana	28,91	289079,31	22,99
Área de vegetação de porte arbóreo	58,69	586878,33	46,68
Área de vegetação de porte arbustivo	4,02	40210,26	3,20
Área de vegetação de porte herbáceo	13,39	133896,42	10,65
Cultivo + Pastagem	3,11	31117,76	2,48
Massa d'água	5,47	54671,81	4,35
Silvicultura	7,56	75646,14	6,02
Depósito de movimento de massa	4,57	45730,26	3,64
<b>TOTAL</b>	<b>125,72</b>	<b>1257230,30</b>	<b>100</b>

Fonte: Autor.

Com a interpretação das Figuras 25 e 26, observa-se que a área onde ocorreu o movimento de massa, possui o predomínio de cultivo + pastagens na parte central do movimento, vegetação arbórea no cume e área com ocupação urbana na base do movimento de massa. No entanto, após o movimento de massa, a área obtida foi de 4,57 hectares, representando 3,64% da área, destruindo várias casas e danificando outras.



Figura 25 – Mapa de Cobertura da Terra pré movimento

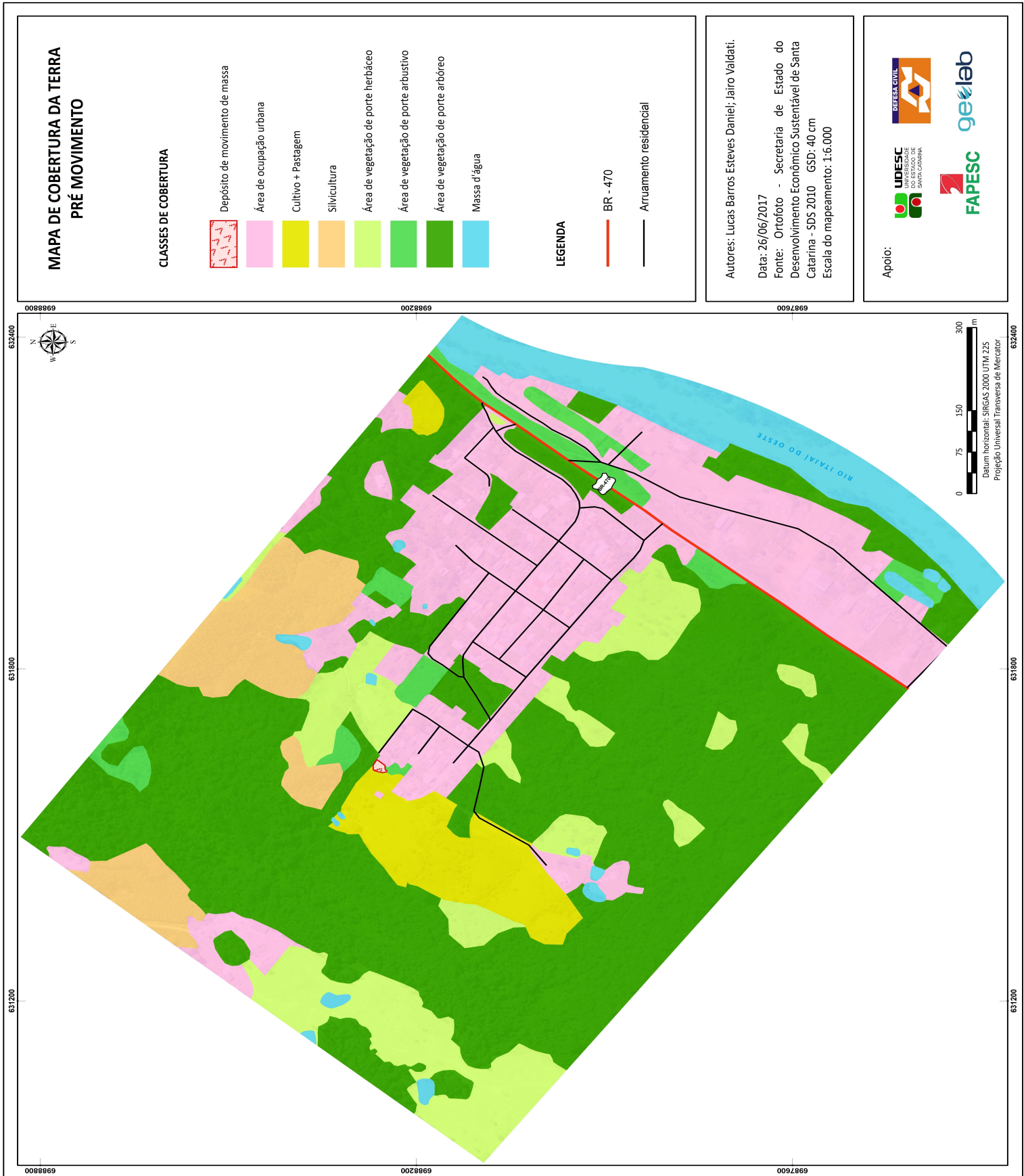


Figura 26 – Mapa de Cobertura da Terra pós movimento



#### **4.1.4 Hidrogeologia**

Com relação a hidrogeologia da área de estudo, foi realizada a identificação das bacias de drenagem através de uma técnica automática realizada no software ArcGIS, utilizando a extensão *Arc Hydro Tools*. Foram gerados produtos como bacias de drenagem da área, canais de drenagem e ordem destes canais.

Observa-se através da análise da figura 27, que a área onde ocorreu o movimento de massa, possui duas bacias de drenagem distintas, proporcionando o escoamento das águas superficiais para fora da área movimentada. Bem como, classificou-se os canais de drenagem na área do movimento de massa como de 1ª e 2ª ordem, como pode ser observado na figura 28.

#### **4.1.5 Águas Correntes e superficiais**

Através da análise dos dados geomorfológicos, observa-se que a área onde ocorreu o movimento de massa está localizada abaixo de uma escarpa natural, no entanto, longe da parte mais próxima da base da escarpa. Na área não existem declives acentuados, tanto que a área era utilizada para pastagem e cultivo. Sendo que, as linhas de escoamento superficial concentrado estão localizadas nas margens da área central do movimento de massa, como observado nas figuras 29 e 30. Observou-se também que o movimento não ocorreu na direção dos canais de drenagens. Toda esta análise aponta e confirma que o movimento de massa não foi influenciado pela formação geomorfológica do local.

Figura 27 – Mapa de Bacias de Drenagem

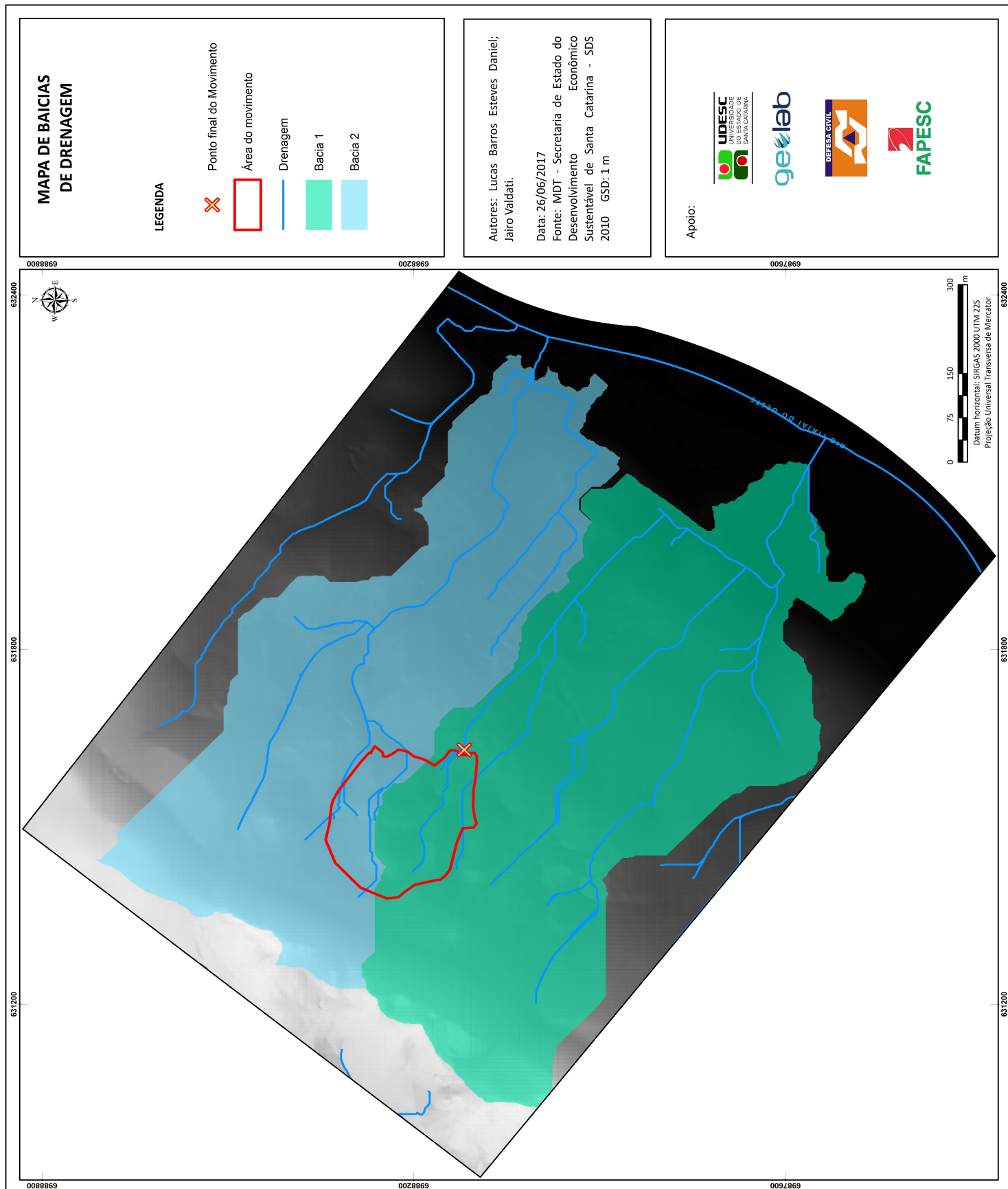




Figura 28 – Mapa de Ordem de Canais

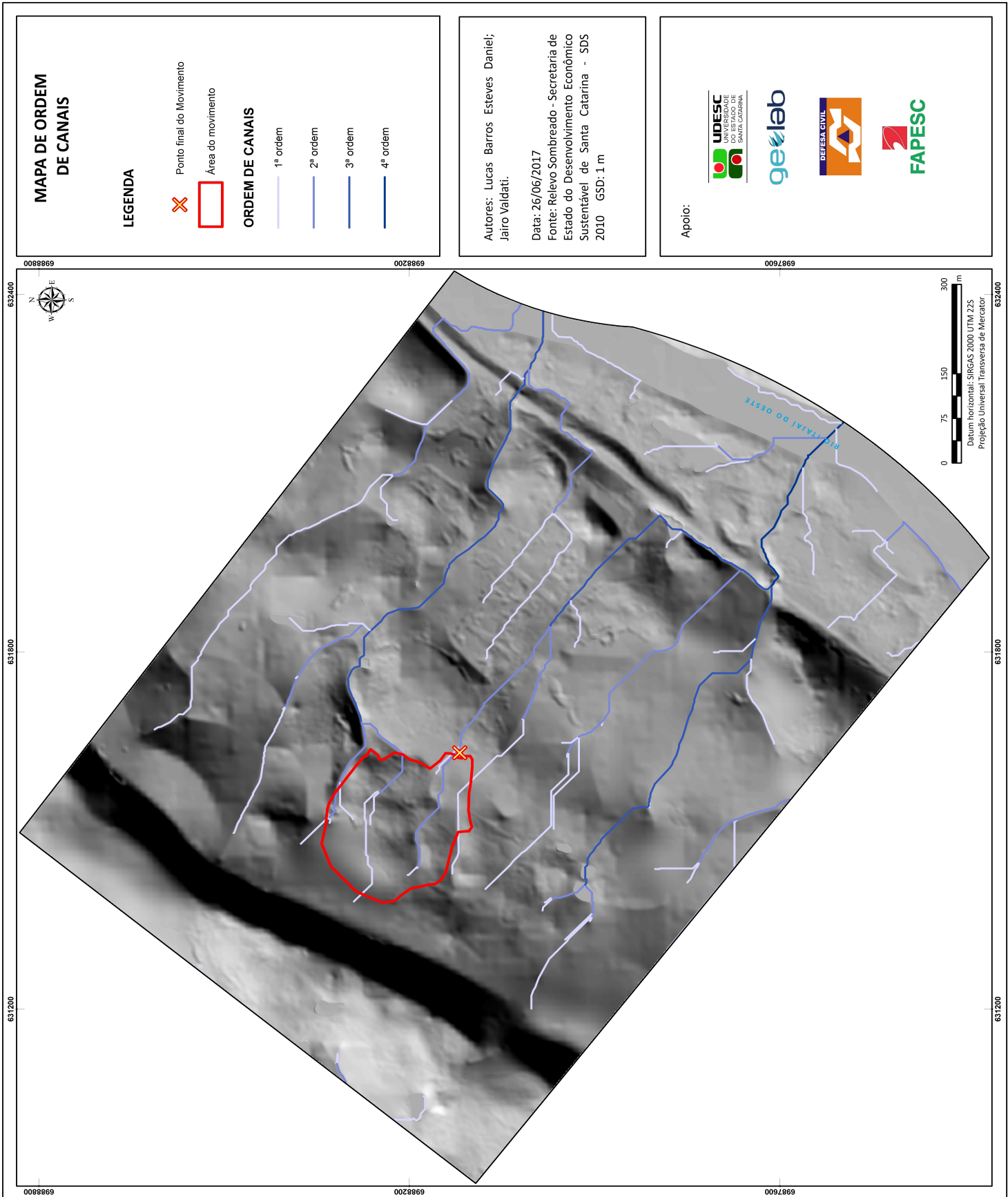


Figura 29 – Mapa Geomorfológico de detalhes pré movimento

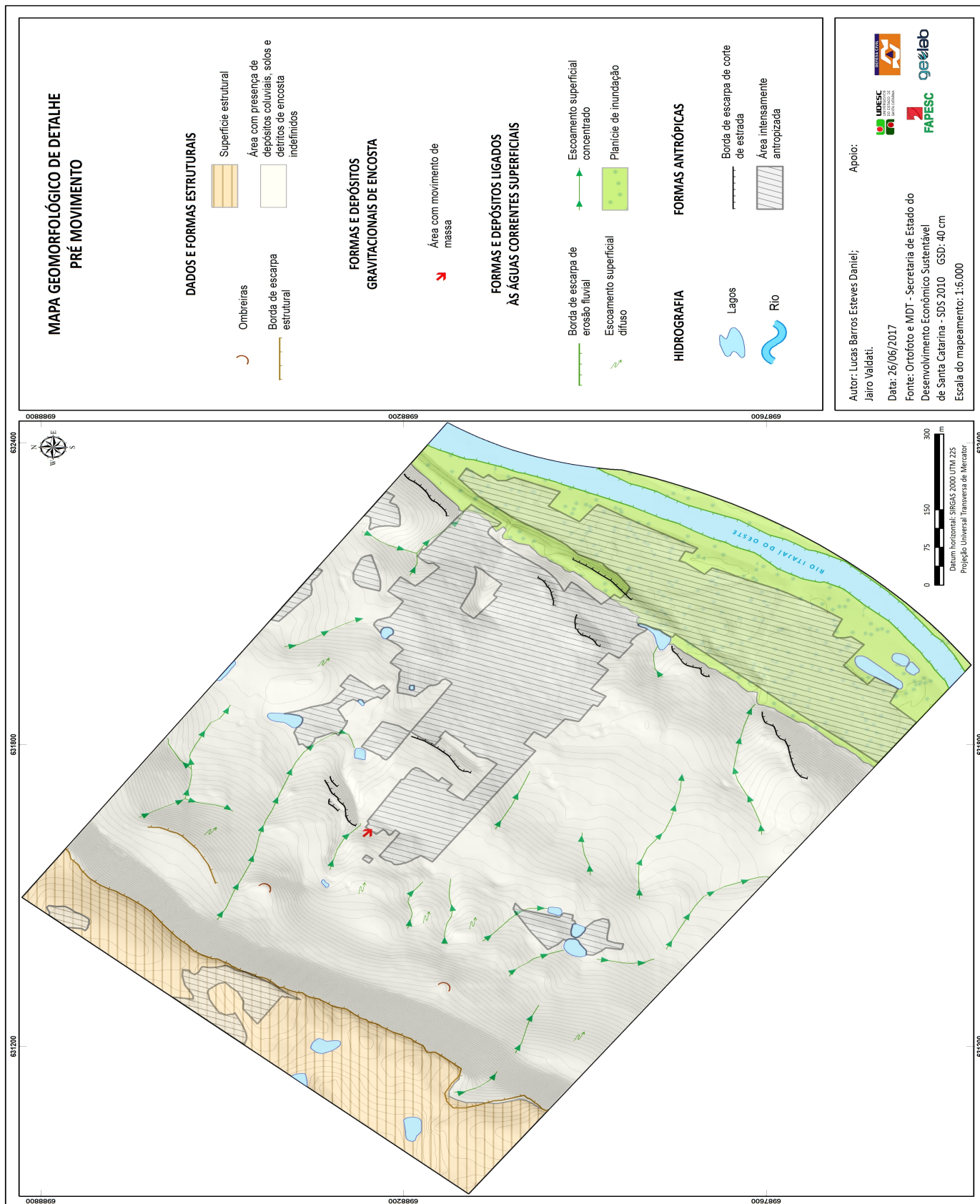
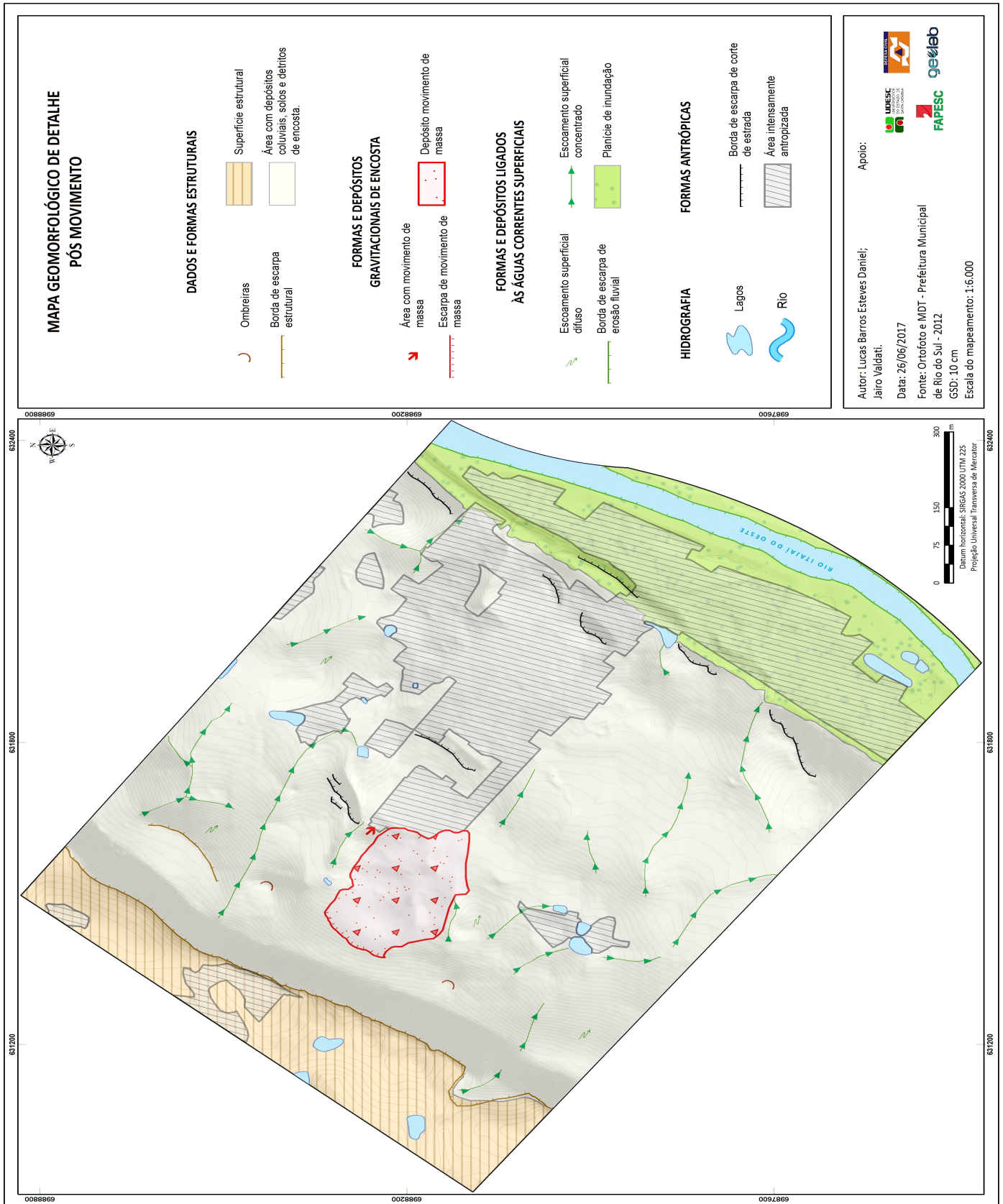


Figura 30 – Mapa Geomorfológico de detalhes pós movimento

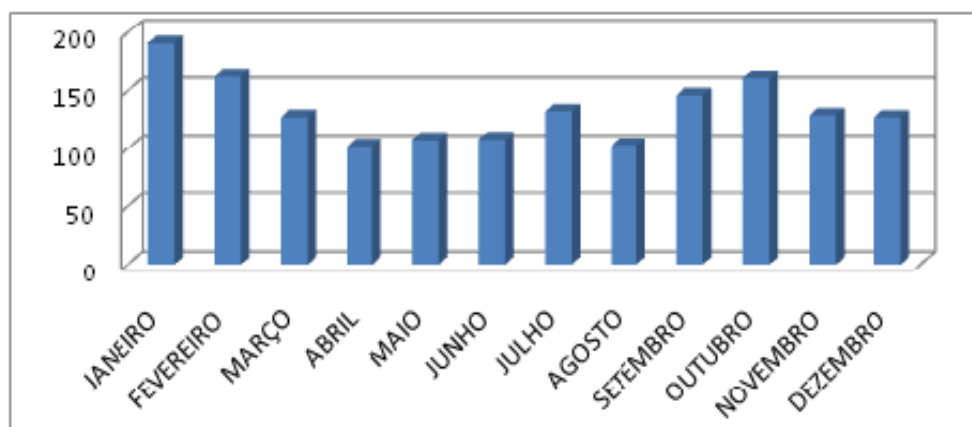


#### 4.1.6 Pluviometria

O Município de Rio do Sul possui as chuvas, de certa forma, bem distribuídas ao longo do ano. Sendo os meses de Janeiro, Fevereiro, Outubro e Setembro, os meses com os maiores índices pluviométricos respectivamente, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Índice Pluviométrico – Média Mensal dos anos de 1983 à 2016.

#### ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO MÉDIA MENSAL DOS ANOS DE 1983 À 2016



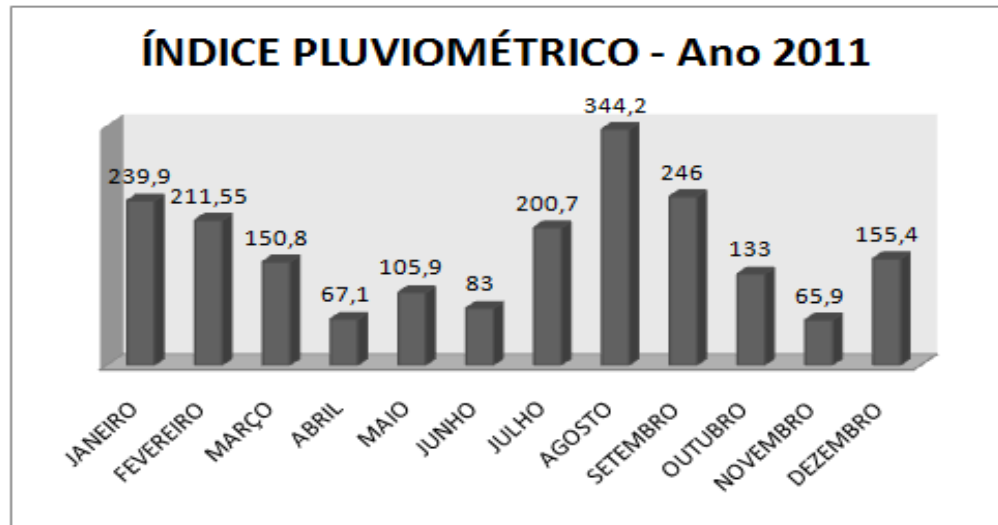
Fonte: Defesa Civil de Rio do Sul (2016)

No ano de 2011, conforme dados da Defesa Civil do município, apresentados no Gráfico 2, os meses em que mais ocorreu chuvas na região, foram os meses de agosto com 344,2 mm e setembro com 246 mm, ultrapassando, em muito, a média mensal, pois a média do mês de agosto é 103,05 mm e a do mês de setembro é de 146,05 mm.

No mês de agosto de 2011, o município sofreu com duas enchentes, chegando o Rio Itajaí-açú a atingir a cota de 8,83 metros em 5 dias de chuva na primeira e 8,76 metros em 17 dias de chuva na segunda enchente. Muito embora, no mês de setembro tenha chovido menos que no mês de agosto, o Rio Itajaí-açú atingiu a cota de 12,96 metros em 6 dias de chuva.



Gráfico 2 – Índice Pluviométrico – Ano 2011.

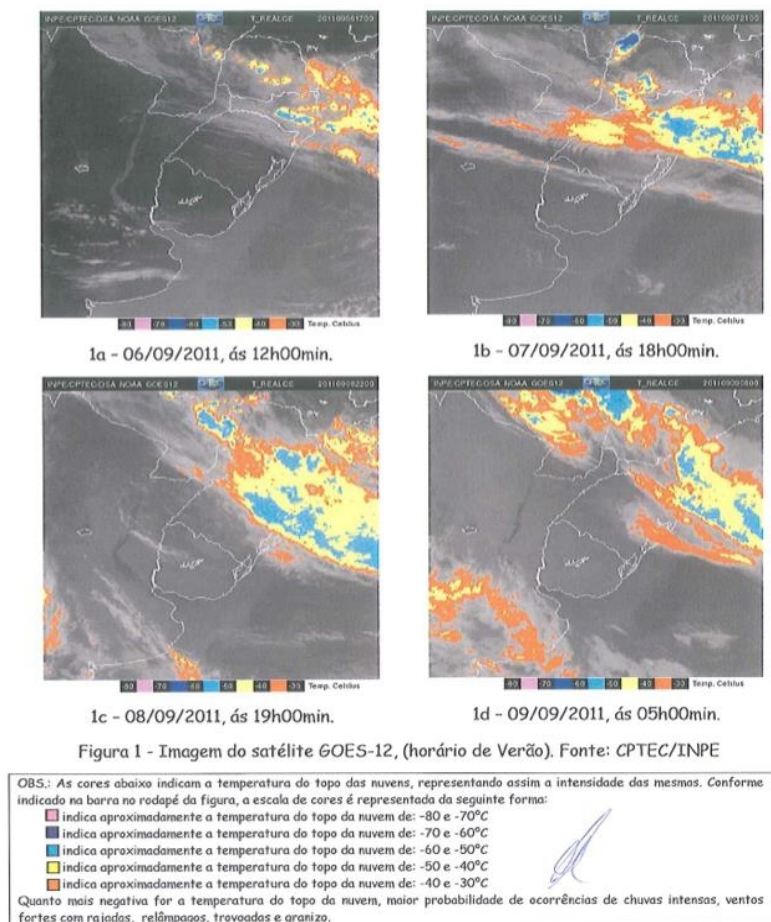


Fonte: Defesa Civil de Rio do Sul (2016)

A prefeitura do Município de Rio do Sul solicitou um laudo meteorológico para o Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) que emitiu o seguinte laudo:

Condições meteorológicas dos dias 06, 07, 08 e 09 de setembro de 2011. O período foi marcado por instabilidade em Santa Catarina devido a influência de uma frente estacionária no Estado. Intensificada pelo Jato Subtropical (ventos fortes em altitude) e pela formação de sistemas de baixa pressão. Esses sistemas meteorológicos mantiveram nuvens carregadas sobre o Estado, como mostra a imagem de satélite 33, com registro de chuva persistente, moderada a forte em alguns momentos. A estação meteorológica convencional de Ituporanga, monitorada pela CIRAM, que dista aproximadamente 25 km de Rio do Sul, registrou o total de precipitação acumulado das 09h00min do dia 06/09 às 09h00min do dia 09/09 de 221mm. A chuva de 4 dias foi equivalente a 135% da média histórica esperada para o mês de setembro na região, que é de 164mm. As condições meteorológicas predominante em Santa Catarina nos dias 06, 07, 08 e 09 de setembro de 2011 eram de forte instabilidade, com acumulados significativos de chuva no município de Rio do Sul, que resultaram em enchentes e deslizamentos de encostas, com destruição na região. CIRAM, 16/09/2011 - Setor de Previsão de Tempo e Clima.

Figura 31 – Imagem de Satélite – condições climáticas - dias 6/7/8/9 de setembro de 2011.



Fonte: CIRAM (2011).

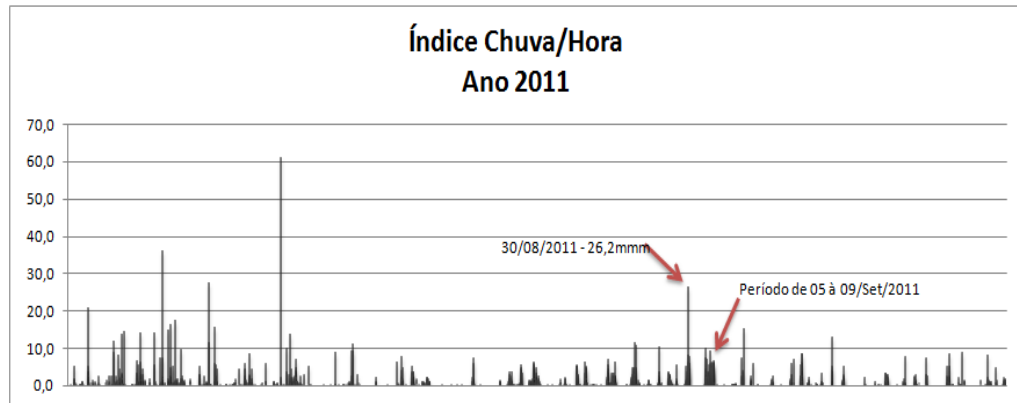
Para a presente pesquisa foi solicitado ao CIRAM, dados pluviométricos de Rio do Sul do ano de 2011, com o objetivo de avaliar o índice de chuva relacionado aos movimentos de massa no município. No entanto, como já observado junto a Agência Nacional de Águas, que mantém a estação meteorológica em Rio do Sul, a estação ficou inoperante dos meses de maio à outubro de 2011. Assim, o CIRAM forneceu os dados das estações mais próximas de Rio do Sul. A estação meteorologia localizada no município de Lontras localiza-se a cerca de 15 km de Rio do Sul.

Desta forma, considerando-se que a outra estação meteorológica mais próxima fica no município de Ituporanga, a mais de 25 km de distância de Rio do Sul, optou-se em analisar os dados, com base na estação de Lontras, com o intuito de uma aproximação maior para as condições de chuvas em Rio do Sul.

Na análise dos dados, é possível observar a concentração de chuvas no período de 05 à 09 de setembro de 2011, bem como, o pico de 26,2 mm no dia 30 de agosto de 2011, quando

ocorreu a segunda enchente daquele mês. Observa-se também que após o dia 30 de agosto, o município fica 5 dias sem chuva, quando inicia novamente no dia 05 de setembro, conforme representado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Índice Pluviométrico Chuva/Hora – Ano 2011.



Fonte: CIRAM (2016) – Estação 1034-Lontras-FURB-EPAGRI

Ao analisar os dados do mês de setembro, tem-se a concentração dos índices pluviométricos, principalmente a partir das 21 horas do dia 07 até a manhã do dia 09 de setembro.

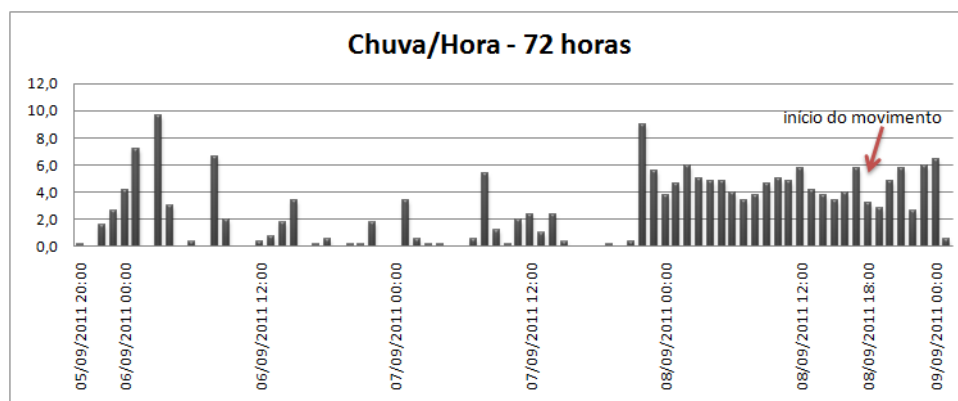
Conforme Kogio (2014), o primeiro passo para relacionar o movimento de massa ao índice pluviométrico é determinar a hora que ocorreram os desastres de movimento de massa e assim determinar o volume de chuva no momento da ocorrência. Considerando a avaliação emergencial preliminar realizada no loteamento Jardim Alexandre, pelo CENACID-UFPR, que determinou a hora de início do movimento de massa, como sendo as 18 horas do dia 08 de setembro de 2011.

Levando em consideração os estudos realizados por Tatizana et al. (1987), Tavares et al. (2004) e a técnica de definição do índice de pluviosidade para evacuação preventiva contra movimentos de massa, apresentada pelo Departamento de Controle de Deslizamentos do Solo do Ministério das Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo e o Departamento de Previsão da Agência Meteorológica do Japão, buscou-se definir o índice pluviométrico no momento do movimento de massa no Jardim Alexander em Rio do Sul, de forma a definir o índice pluviométrico até o momento do início do movimento de massa.

Kogio (2014), orienta que períodos maiores que 24 horas sem chuvas, devem ser desconsiderados, tendo o início de nova chuva como sendo contado para o início de chuva sequencial. Assim, partindo do princípio de que o movimento de massa iniciou às 18 horas do

dia 08 de setembro e que as chuvas iniciaram às 20 horas do dia 05 de setembro, temos um período de 72 horas totalizando 166,8 mm de índice pluviométrico até o início do movimento de massa, como pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Índice Pluviométrico Chuva/Hora – 72 Horas do movimento de Massa.



Fonte: CIRAM (2016) – Estação 1034-Lontras-FURB-EPAGRI

Portanto, por mais que a cidade de Rio do Sul já tenha sofrido com grandes enchentes em sua história, como as ocorridas em 1983 e 1984, bem como, as duas enchentes no mês de agosto de 2011, o alto índice pluviométrico ocorrido no período de 05 à 08 de setembro de 2011, foram primordiais como fator desencadeador do movimento de massa no Jardim Alexander, bem como os demais ocorridos no município no mesmo período.

Da análise geral dos dados, e levando em consideração o objetivo inicial de identificar o movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona, podemos destacar que o movimento ocorreu de forma abrupta, mas com o movimento lento, se considerar que levou cerca de 7 a 8 horas para avançar cerca de 20 metros no processo mais agudo e cerca de 18 horas até que a área se estabilizasse. A massa movimentada foi bem espessa, com variação de profundidade de 5 a 15 metros, conforme sondagens realizadas e apresentadas no estudo. A sua largura da área movimentada, foi basicamente a mesma do seu comprimento, com cerca de 250 metros. Houve um abaixamento na parte superior do movimento, criando uma escarpa com cerca de 18 metros de altura. Com o abaixamento da parte superior, houve uma compressão na parte central do movimento, provocando a deformação e criando enorme fissuras transversais e degraus de abatimento. Na base do movimento houve a formação de um língua, com a projeção inicial pra cima caracterizado através do levantamento da casa amarela presente na figura 2 (página 12) e posterior lançamento da mesma sobre as demais casas, evidenciando a área de separação. Todas características de movimento de massa do tipo rotacional, segundo definição de Augusto Filho (2001).



Desta forma, por mais que o Centro de Apoio Científico em Desastres da Universidade Federal do Paraná CENACID-UFPR, ter tipificado o movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona como “*Nesta área a equipe observou um movimento de massa do tipo deslizamento translacional, com aproximados 230 metros de comprimento, 250 metros de largura e profundidade variável, estimada em 12 a 15 metros.*” e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no documento Ação Emergencial, Setorização de Risco realizado no município de Rio do Sul em 2011, ter tipificado como “*o processo inicial foi um deslizamento planar, evoluindo para corrida de massa (lama, árvores, blocos, etc) em períodos de intensa precipitação pluviométrica no mês de setembro de 2011.*”. Todas as evidências apontadas no presente estudo levam a crer que o movimento de massa foi um escorregamento do tipo rotacional, conforme definição de Augusto Filho (2001).

Quanto a Gestão de Risco, como apontado no referencial teórico, o Marco de Sendai, define que a Prioridade 1, na gestão de risco é a compreensão do risco de desastres, através da compreensão clara do risco em todas as suas dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente, enfatizando que a primeira parte da análise de Risco é a Identificação das Ameaças.

Para o movimento de massa ocorrido, no Bairro Pamplona em Rio do Sul, está evidenciado que o tipo de movimento de massa é um escorregamento do tipo rotacional. Sendo que este tipo de movimento de massa pode ser extremamente danoso para estruturas, rodovias e redes de abastecimento, mas geralmente não oferecem risco a vidas, se o movimento for lento. (Highland e Bobrowsky, 2008, p.14).

Em Rio do Sul, não houve vítimas fatais, pois como já relatado o movimento ocorreu por 36 horas, sendo que a parte mais severa ocorreu no período de 7 à 8 horas, o que favoreceu a evacuação das residências.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina possui uma Diretriz Operacional Permanente de nº 18, de 1º de julho de 2010, que dispõe sobre a análise e gerenciamento de riscos em ocorrências de movimento de massa, apresentado em: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), Anexo A da presente Dissertação. Esta Diretriz, regula a atuação dos primeiros bombeiros militares que chegarem na cena para a análise dos riscos, principalmente através do preenchimento do formulário anexo a mesma Diretriz.

Com base no formulário da Diretriz do CBMSC, e analisando as informações do movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona em Rio do Sul em 2011, o mesmo recebeu 63 pontos, caracterizando-o como um movimento de massa de Risco Muito Alto e cuja providência imediata é a remoção de todas as pessoas da área de risco, acionando a Defesa

Civil municipal e solicitando recursos adicionais, com o objetivo de proceder a varredura na área em busca de feridos ou pessoas soterradas. Além de medidas de engenharia para remoção de parte do material movimentado, drenagem para evitar maior infiltração das águas superficiais e estrutura de contenção para estabilização da área ou reativação do movimento de massa, conforme relatório apresentado pela Prefeitura Municipal de Rio do Sul em 2012.

Cabe destacar que, após os desastres naturais de 2008, o CBMSC criou a Força Tarefa para atuação em situações de desastres naturais, onde os 14 Batalhões do Estado, possuem um grupo de 12 Bombeiro Militares cada, para atuar em cenários de movimentos de massa. Estes Bombeiros Militares são capacitados e treinados no Centro de Treinamento de Desastres Urbanos, localizado na cidade de Xanxerê.

### 3 CONCLUSÃO

O presente trabalho discorreu sobre a análise do movimento de massa que ocorreu no Bairro Pamplona em Rio do Sul no ano de 2011, pois havia discordância de que tipo de movimento de massa havia ocorrido entre o CENACID-UFPR e CPRM. Além do fato de que, identificar o verdadeiro tipo de movimento ocorrido, favorece a gestão de risco.

Foram apresentados conceitos gerais de Gestão de Risco, onde ficou evidenciado a necessidade de tipificar a ameaça, para uma melhor compreensão dos riscos decorrentes. Foram abordados também os conceitos quanto ao movimento de massa e sua classificação, sendo especificado que para a presente pesquisa foi utilizada como referência a classificação apresentada por Augusto Filho (1992), que detalha a classificação apresentada pelo IPT (1991).

Não obstante, o foco da pesquisa foi a análise dos dados do movimento de massa ocorrido então em Rio do Sul, principalmente através de imagens aerofotogramétricas obtidas antes e após o movimento de massa. Das imagens foram obtidos, mapas de localização, evidenciando o movimento de massa; mapas de cobertura da terra pré e pós evento. Nos mapas de cobertura da terra ficou caracterizado que a área onde ocorreu o movimento de massa, possuía vegetação arbórea, cultivo e pastagens e que o uso e ocupação da terra não influenciaram como condicionantes; foram gerados mapas de bacias de drenagens e de ordem de canais, onde ficou evidenciado que a área possui duas bacias de drenagens e que o movimento não ocorreu na direção do escoamento das bacias de drenagens; por fim, foram gerados mapas geomorfológicos pré e pós movimento, onde também ficou evidenciado através das imagens das curvas de nível, bem como da projeção tridimensional, que a área não possuía escarpas e declives que servissem de condicionante para o movimento e nem água de encosta de encosta superficial concentrada.

Além do material cartográfico, foram utilizadas, também, imagens de fotografias retiradas do local, logo após o movimento de massa, para evidenciar as partes do movimento bem como a sua extensão. O movimento de massa atingiu uma área de 45.730 metros quadrados, afetando várias residências, que foram destruídas pela força do movimento ou precisaram ser demolidas, diante dos estragos. Das imagens, ficou evidenciado uma escarpa de cerca de 18 metros de altura no cume, provocada pelo abatimento do terreno. Observa-se, também, fissuras transversais e taludes de batimento por todo o material movimentado, e ainda, uma base com projeção de material inicialmente pra cima com a projeção de uma casa,

caracterizando a base da superfície de ruptura e a ponta (língua) do movimento, caracterizando a superfície de separação, onde a casa projetada passa a ser movimentada sobre as demais casas atingidas pela ponta do movimento.

Outros fatores analisados foram os dados pluviométricos de Rio do Sul, que possui chuvas bem distribuídas durante o ano. No entanto, no ano de 2011, os meses em que mais ocorreram chuvas na região, foram agosto com 344,2 mm e setembro com 246 mm, ultrapassando, em muito, a média mensal, pois a média do mês de agosto é 103,05 mm e a do mês de setembro é de 146,05 mm. Constatou-se que o acumulado nas últimas 72 horas que antecederam o início do movimento de massa foi de 166,8 mm. Desta forma, considerando que o solo já estava muito saturado, decorrente das grandes quantidades de chuvas que ocorreram durante o mês de agosto e aliado ao alto índice pluviométrico ocorrido no período de 72 horas (166,8 mm), as chuvas foram primordiais como fator desencadeador do movimento de massa, principalmente se levarmos em consideração que os demais movimentos de massa que ocorreram em Rio do Sul foram na mesma data.

Tendo isto em vista e após as análises feitas, chegou-se aos resultados da pesquisa, tipificando o movimento de massa ocorrido no Bairro Pamplona em Rio do Sul em 2011, como sendo um escorregamento rotacional e que não houve vidas humanas atingidas por ser um movimento de massa mais lento. No entanto, com enormes danos materiais, decorrente da massa movimentada.

Considerando a análise das características e informações do movimento de massa, tendo por base o formulário da Diretriz nº 18 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, o mesmo recebeu 63 pontos, caracterizando-o como um movimento de massa de Risco Muito Alto.

Ademais, volta-se à problemática inicial e aos objetivos da pesquisa para identificar que tipo de movimento de massa que ocorreu no Bairro Pamplona em Rio do Sul em 2011, favorecendo a identificação de medidas de Gestão de Risco local, a serem realizadas com a identificação do tipo de movimento de massa que ocorreu. Pode-se afirmar que os objetivos foram alcançados com a identificação do tipo de movimento de massa, como sendo um escorregamento do tipo rotacional e que as medidas de Gestão de Risco local e para casos semelhantes, é a remoção de todas as pessoas da área de risco, acionando a Defesa Civil municipal, a solicitação de recursos adicionais, como o objetivo de proceder a varredura na área em busca de feridos ou pessoas soterradas, além de medidas de engenharia para remoção de parte do material movimentado, drenagem para evitar maior infiltração das águas

superficiais e estrutura de contenção para estabilização da área ou reativação do movimento de massa.

Por fim, espera-se que esta Dissertação possa contribuir com a área de estudos de movimentos de massa, em especial na identificação dos tipos de movimentos e principalmente quanto a Gestão de Risco, pois identificar a ameaça é a primeira prioridade a ser tomada, para então gerar conhecimento para atuação na prevenção e mitigação de novos desastres.



## 5 REFERÊNCIAS

ADAMS, John. **Risco**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009.

ARAÚJO, P. C. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (IGCE/UNESP), Rio Claro, 2004. 172p.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas**: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PUCRJ, 1992, v.2, p.721-733.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de risco de escorregamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas**: um ensaio em Caraguatatuba, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP), Rio Claro, 2001. 196p.

BERTONI P.; MARINHO C. **Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**: A Visão do Planejamento, Anais do VI Congresso CONSAD de Gestão Pública, Brasília, 2013.

BIGARELLA, J. J. BECKER, R. D.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1996 v. 2. 875 p.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436).

BARATA, F. E. **Landslides in the tropical region of rio de Janeiro**. In: International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, 7a., México, Anais..., México, Sociedad Mexicana de Mecânica de Suelos. V. 2, 1969. p.507-516.

BRASIL. Lei No 12.608, de 10 abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; D.O.U. de 11 abril de 2012, p. 1.

BRASIL, Ministério das Cidades/ Instituto de pesquisas tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de desastres: desastres naturais** . Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Org.). Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001.

CENACID/UFPR. Centro de Apoio Científico em Desastres. Universidade Federal do Paraná. **Avaliação emergencial preliminar das áreas visitadas em Rio do Sul-SC Informe 03- Jardim Alexandre**. 2011.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; DA SILVA, Roberto. **Metodologia científica**. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CIRAM. Centro de Informação de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Relatório Hidrometeorológico das chuvas de Setembro de 2011 em Rio do Sul**. Florianópolis, 2011.

CIRAM. Centro de Informação de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Dados das estações meteorológicas automáticas de Lontras e Ituporanga, ano 2011**. Florianópolis, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999) **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora: Edgard



Blücher, São Paulo, 236 p.

CHRISTOPHERSON, Robert. W. Weathering, Karst Landscapes, and Mass Movement. In:CHRISTOPHERSON, Robert. W. **Elemental Geosystems**. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.Cap 10, p. 310-335.

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. 1990. **Geomorphology in environmental management: a new introduction**. 2aed. New York: Claredon Press, 1990.

COSTA NUNES, A. J. **Landslides in soils of decomposed rock due to intense rainstorms**. In: International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, 7a., México, Anais..., México, Sociedad Mexicana de Mecânica de Suelos. V. 2, 1969. p.547-554.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba contribuição à geomorfologia litoranea e tropical**. IGEOG/USP, (Série Teses e Monografias, 11). 1974.

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

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico geomorfológica**. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. da (UFRS). Geomorfologia e Meio Ambiente. 3. ed. Rio de Janeiro, 2000 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, UGB, Vol. 2, No 1. 2001. p 51-71.

FREIRE, E. S. M. **Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática**. Construção, Rio de Janeiro, n. 8, 1965. p. 10-18.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2 a ed. Edgard Blücher,. 1984. 194p.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

GUIDICINI, G. & IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos no meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1976. 48p.

GUIMARÃES, R. F. ; CARVALHO JÚNIOR, O. A. de ; GOMES, R. A. T. ; FERNANDES, N. F.. **Movimentos de Massa**. In: Florenzano, T.G.. (Org.). GEOMORFOLOGIA: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, v. 1, p. 159-184.

HAVENITH, H.B.; STROM, A.; CACERES, F.; PIRARD, E. (2006). **Analysis of landslide susceptibility in the Suusamyr region, Tien Shan: statistical and geotechnical approach**. Journal of the International Consortium on Landslides, Springer-Verlag. Landslides (2006), vol.3 p.39- 50.

HIGHLAND, L.M.; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook** – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A – IPT. **Ocupação de Encostas**. Publicação IPT No 1831, 1991. 216p.

KOGIO, KOKUSAI CO Ltd. **Método de delimitação de índice pluviométrico para evacuação preventiva contra desastres de sedimentos**. Toward Mainstreaming Disaster Risk Reduction – Building Disaster Resilient Societies. Japan International Cooperation Agency (JICA). 2014.

**Marco de Ação de Hyogo 2005-2015.** Disponível em:

<file:///home/cbmsc/Downloads/marco\_hyogo%20(1).pdf>. Acesso em: 14 jul. 2015.

**Marco de Ação de Sedai 2015-2030.** Disponível em:

<<http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/Marco/MarcodeSendaiPortugues.pdf>>

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

NOGUEIRA, F.R. 2002. **Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal**. Rio Claro. 256p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista.

OHLMACHER, G.C.; DAVIS, J.C. (2003). **Using Multiple Logistic Regression and GIS Technology to Predict Landslid Hazard in Northeast Kansas, USA**.

Engineering Geology 69 (2003), p.331-343.

PICHLER, E. **Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, vol.6 (2): 69-77. 1957.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. **Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa**. Geoiingá: revista do programa de pós-graduação em geografia. Maringá, v. 5, n. 1 , p. 102-124, 2013.

**Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal (PPGPLAN 2012 – 2015)** Disponível em:

<<http://www.preventionweb.net/applications/hfa/lgsat/en/image/href/1155>> Acesso em: 14 jul. 2015.

SANTA CATARINA. Defesa Civil. **Gestão de risco de desastres**. Santa Catarina: Defesa Civil, [2013].

SAHA, A.K.; GUPTA, R.P.; SARKAR, I.; ARORA, M.K.; CSAPLOVIES, E. (2005). **An approach for GIS-based satistical landslide susceptibility zonation – with a case in the**

**Himalayas. Landslides** – Journal of the International Consortium on Landslides, Springer-Verlag.

SALOMÃO, F. X. T. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Ed.) *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 7, 1999. p. 229-268.

SELBY, M. J.. **Hillslope Materials & Processes**. Oxford University Press, New York, 2a ed. 451p. 1993.

SIDLE, R. C. et. al. **Hillslope stability and Land Use**. American Geoph. Union, Washington D.C., 140p. 1985.

SOETERS, R. & VAN WESTEN, C. J. **Slope stability recognition, analysis and zonation**. In: Turner A. K. Shuster, R. IL. (eds) *Landslides: investigation and mitigation*. Transportation Research Board, National Research Council, special Report 247.1996.

TATIZANA, C.; OGURA, A. T.; CERRI, L.E. DA S.; ROCHA, M.C.M. **Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos na Serra do Mar, Município de Cubatão**. In: Cong. Bras. de Geol. Eng., V, São Paulo. Anais, ABGE, Vol. 2. 1987. p 225-236.

TAVARES, R.; SANT'ANA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J.T.G.; PRESSINOTTI, M. M. N.; SANTORO, J. - 2004. **Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associadas aos movimentos de massa no Litoral Norte paulista**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1. Florianópolis. Anais ... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p.680-696.

THACH, N.N.; HUNG, N.T. (2004). **Remote Sensing and Geographical Information System Methods to Study Evaluate and Estimate Gravitational Landslid in Son La Area**. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure development in Earth and Allied Science.

TOMINAGA, Lídia Keiko. **Avaliação de Metodologia de Análise de Risco a Escorregamento: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP**. Universidade de São Paulo. Tese Doutorado. 2007.

United Nations, International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives**, 2004. Disponível em:

<[http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Centro Universitário de Estudos e Pesquisa sobre Desastres. **Capacitação em gestão de riscos**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisa sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012: volume Santa Catarina**. 2. ed. rev. atual. Santa Catarina: UFSC/CEPED, 2013.

United Nations, International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives**, 2004. Disponível em:

<[http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2015.

USAID/OFDA (2011) – **Oficina de Assistência a Desastres no Exterior. Bases Administrativas para Gestão de Riscos - BAGER**: Material de Referência. Tradução e adaptação para o português, Aderbal Vicente Lapolli e Antonio Felisberto Pinheiro. Florianópolis: [UDESC], maio 2011.

VARNES D. J. **Slope movement types and processes**. In: SCHUSTER & KRIZEK (eds.). **Landslides: analysis and control**. Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington DC.- 1978. p. 11-33.

VEYRET, Y. (organizadora). Dilson F. da C. (tradutor). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1 ed., 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2007

VIEIRA, I.M.; KAZMIERCZAK, M.L.; MALTA, F.J.N.C. (2005). **Proposta Metodológica para Identificação de Áreas de Risco de Movimentos de Massa em Áreas de Ocupação Urbana. Estudo de Caso; Campos do Jordão, SP**. Anais XII Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p.335.

XAVIER-DA-SILVA, J. ; ZAIDAN, R. T. (2004). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 145 p. research Council, Washington D.C., p.129-177.

YALCIN, Ali **Environmental Impacts of Landslides: A Case Study from East Black Sea Region, Turkey** Environmental Engineering Science. July 2007, 24(6): 821-833.  
doi:10.1089/ees.2006.0161.

WANG, H.B. & SASSA, K. **Rainfall-induced Landslide Hazard Assessment Using Artificial Neural Networks**. Earth Surface Processes and Landforms, 2006.

WOLLE, C. M. 1980. **Taludes naturais: mecanismos de instabilização e critérios de segurança**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1980. 245p.

Zêzere, J.L.; et al. **Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal)**. Geomorphology., 2008, Volume 94, p. 467-495.

## **ANEXO A – DIRETRIZ OPERACIONAL PERMANENTE Nr 18-CMDOG, DE 1º DE JULHO DE 2010**

Nome: **DIRETRIZ OPERACIONAL PERMANENTE**

Identificação: **DtzOP Nr 018-10-CmdoG**

Abrangência: **Toda a Corporação**

Classificação: **Operacional Permanente**

Assunto: Dispõe sobre a análise e gerenciamento de riscos em ocorrências de movimento de massa no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

### **1. FINALIDADE**

a. Padronizar os procedimentos operacionais pertinentes ao serviço prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina à sociedade em ocorrências de movimentos de massa.

### **2. REFERÊNCIAS**

- a. Constituição Federal (art. 144, V, c/c art 144 §5º).
- b. Constituição Estadual (art. 108, I, II, III, V).
- c. IG 20-01, que estabelece os critérios para a elaboração e aprovação de Diretrizes de Procedimentos Operacionais Padrão (DtzPOP) e Manuais Operacionais (MOp) no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Portaria n.º 201, de 21 Set 07, publicada em BCG n.º 39, de 24 Set 07.
- d. Diretriz de Procedimento Operacional Padrão n.º 15/2010/BM-3/EMG/CBMSC.
- e. CARVALHO, C. S.; GALVÃO T. (orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília, Ministério das Cidades: Ed. Gráfica Brasil, 2006, 111p.
- f. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs.). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios. Brasília, Ministério das Cidades: IPT, 2007, 176 p.

### **3. SITUAÇÃO**

a. Os procedimentos ora baixados por esta DtzPOP dizem respeito ao atendimento de ocorrências de movimentos de massa – escorregamentos, corridas de detritos/lama e queda de blocos – haja vista o aumento da incidência desses fenômenos no Estado, nos últimos anos.

b. Recomenda-se que a organização da área atingida pela ocorrência de movimento de massa seja dividida em diferentes zonas de trabalho (zona quente, morna e fria), para facilitar a coordenação das operações e o controle dos recursos operacionais, além de servir para aumentar a segurança das operações. As zonas de trabalho devem ser divididas em: área quente (local de maior risco com acesso restrito), área morna (local intermediário não totalmente seguro com acesso e circulação igualmente restritos) e área fria (local seguro que abriga as instalações e recursos que darão suporte à operação).

## 4. EXECUÇÃO

### a. Do registro da ocorrência e do acionamento das guarnições

1) No Centro de Operações Bombeiro Militar, o operador da central deverá buscar o maior número possível de informações, priorizando as seguintes:

- a) local da ocorrência (se possível, com ponto de referência);
- b) informações sobre a existência de vítimas na ocorrência;
- c) quantidade de residências e de pessoas envolvidas; e

d) em caso de ocorrências que envolvam queda de residências e vítimas, deverão ser acionadas imediatamente as viaturas ASU e ABTR e outros órgãos de apoio, conforme a necessidade (Defesa Civil, Celesc, Samu, Casan, Polícia Militar).

2) O Oficial Comandante da OBM da circunscrição deverá ser comunicado da ocorrência.

### b. Do deslocamento e do acesso ao local da ocorrência

1) Durante o deslocamento, o Cmt da Gu deverá buscar junto ao operador da central o máximo de informações adicionais sobre a ocorrência e iniciar o planejamento de suas ações futuras.

2) Se o local da ocorrência for muito distante do ponto de estacionamento da/s viatura/s, um (1) BM deverá permanecer no local como responsável pela VTR, com comunicação com os demais integrantes da GU.

3) Quando houver mais de uma equipe de busca e resgate no local, deverá ser estabelecido um canal próprio de comunicações entre as guarnições e o chefe de operações ou comandante da operação.

### c. Da segurança da equipe

1) A operação somente se procederá em condições de segurança.

2) Todos os bombeiros militares envolvidos no atendimento da ocorrência deverão possuir equipamentos de proteção individual (capacete com lanterna de cabeça, óculos de proteção individual - transparente para trabalho diurno e âmbar para trabalho noturno, bota de borracha cano longo, luva de raspa, colete refletivo e apito).

3) Deverá ser escalado um (1) BM para assumir a função de Segurança com comunicação direta com o Cmt da Operação.

4) Em ambientes com lixo e outros dejetos deverá ser estabelecido um corredor de descontaminação (zona de desinfecção) entre a zona quente e a zona fria, onde os BBMM deverão passar para proceder a descontaminação caso adentrem a zona quente.

5) Em casos de grande volume de trabalho deverá ser realizado o revezamento de guarnições em turnos de no máximo 6 horas de serviço por 2 horas de descanso, priorizando o trabalho diurno.

6) Nenhum BM poderá trabalhar sozinho na zona quente. Recomenda-se o trabalho sempre em duplas.

### d. Da comunicação durante a ocorrência

1) O gerenciamento das comunicações durante o atendimento da ocorrência deverá garantir que todos os envolvidos possam comunicar-se durante a operação de acordo com suas necessidades, mesmo que isso ocorra entre pessoas de diferentes organizações. Para tal, faz-se necessário o desenvolvimento de um plano de comunicações (que diz quem conversa com quem e como) que estabelecerá diferentes redes de comunicação, de acordo com as necessidades da cada caso.

2) O plano de comunicações poderá incluir: uma *rede de comando*, uma *rede tática* (que integra as comunicações entre as pessoas e equipes subordinadas ao comando ou coordenador de operações), uma *rede administrativa* (que integra as comunicações não operacionais entre o comando e órgãos externos que estão cooperando na ocorrência), uma *rede logística* (que integra as comunicações da (Fl 3 da DtzOP Nr 018-10-CmdoG, de 1º Jul 10)



logística para tratar de assuntos referentes a suprimentos, serviços e instalações) e uma *rede de operações aéreas* (que integra as comunicações do pessoal de operações aéreas, caso seja implantada).

3) Dependendo da extensão da ocorrência poderão ser empregados rádios de comunicação do tipo HT ou mesmo **talk-about**.

#### **e. Da utilização da Ficha de Avaliação de Risco**

1) A Ficha de Avaliação de Risco, ANEXO desta DtzOP, deverá ser preenchida pela guarnição bombeiro militar que atender a ocorrência, com o fim de possibilitar a mensuração do risco na cena, de modo a prevenir o agravamento da situação e garantir a segurança da população local, da própria guarnição e demais profissionais envolvidos no atendimento da emergência.

2) A ficha constitui-se em uma ferramenta prática e funcional a ser utilizada pelo bombeiro que primeiro chegar ao local do evento.

3) O formulário fornece uma sistemática sequencial que deve ser preenchida com um X no local que o bombeiro reconhecer como presente na cena, sendo que as situações não observadas devem ser deixadas em branco.

4) Na sequência deve ser feita a soma dos numerais correspondentes e o valor obtido deve ser marcado no campo próprio para as medidas de segurança, na qual o bombeiro encontrará orientações a serem seguidas de imediato.

5) Por fim, deve ser confeccionado o croqui do local e assentados os dados e informações que o bombeiro julgar necessários para o prosseguimento dos trabalhos, a obtenção de informações estatísticas e a orientação das equipes de apoio.

## **5. PRESCRIÇÕES DIVERSAS**

a. O estabelecido nesta DtzOpP deverá ser seguido, no que couber, também pelos bombeiros comunitários e os voluntários envolvidos no evento.

b. O conteúdo desta DtzOpP, será repassado a todo o efetivo do CBMSC através dos respectivos EISub.

c. A presente DtzOpP entra em vigor a partir da data de sua publicação pelo Comando-Geral do CBMSC.

d. Os casos omissos a esta DtzOpP serão resolvidos pelo CmtG do CBMSC.

**Cel BM – ALVARO MAUS**  
CmtG do CBMSC

## ANEXO

SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA E DEFESA DO CIDADÃO  
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA

## FICHA DE AVALIAÇÃO DE RISCO

## 1. Dados Gerais

Solicitante:		Fone:	
Município:			
Bairro:		Data: / / .	
Rua:			CEP:
Coordenadas	UTM/UPS		
Nome de moradores:			
Condições de acesso:			
Tipos de Moradia: 1 <sup>ª</sup> Alvenaria / 2 <sup>ª</sup> Madeira / 3 <sup>ª</sup> Misto / 4 <sup>ª</sup> Precária			

## 2. Caracterização do Local

Grau de Inclinação do terreno				
20	15	5	2	1
1 <sup>ª</sup> Presença de blocos de rocha				
1 <sup>ª</sup> Presença de lixo/entulho				

## 3. Chuva

5 <sup>ª</sup> 150 mm nas últimas 48h	2 <sup>ª</sup> 50 mm nas últimas 48h
3 <sup>ª</sup> 100 mm nas últimas 48h	1 <sup>ª</sup> 30 mm nas últimas 48h



## 4. Água

1 <sup>ª</sup> Concentração de água de chuva em superfície (enxurrada)	1 <sup>ª</sup> Lançamento de água servida em superfície (a céu aberto ou no quintal)
Sistema de drenagem superficial: 3 <sup>ª</sup> inexistente / 2 <sup>ª</sup> precário / 1 <sup>ª</sup> satisfatório	
Para onde vai o esgoto?: 3 <sup>ª</sup> fossa / 2 <sup>ª</sup> superfície (céu aberto) / 1 <sup>ª</sup> canalizado	
De onde vem a água para uso na moradia?: <sup>ª</sup> Prefeitura/Concessionária / <sup>ª</sup> mangueira	
3 <sup>ª</sup> Existe vazamento na tubulação?	
Minas d'água no barranco (talude) 3 <sup>ª</sup> no pé 2 <sup>ª</sup> no meio 1 <sup>ª</sup> topo do talude ou aterro	

## 5. Vegetação

<sup>ª</sup> Vegetação rasteira (arbustos, capim, etc)	3 <sup>ª</sup> Presença de árvores altas
4 <sup>ª</sup> Área desmatada	5 <sup>ª</sup> Área de cultivo (banana) _____

## 6. Sinais de Movimentação

Trincas: 5 <sup>×</sup> no terreno 5 <sup>×</sup> na moradia 	10 <sup>×</sup> Degraus de abatimento 
Inclinação: 5 <sup>×</sup> árvores 5 <sup>×</sup> postes 3 <sup>×</sup> muros	5 <sup>×</sup> Muros/paredes “embarrigados”
5 <sup>×</sup> Cicatriz de escorregamento próxima à moradia (sinais de movimentação antiga/anterior)	

## 7. Processo Ocorrido

Escorregamentos: 1 <sup>×</sup> no talude natural 3 <sup>×</sup> no talude de corte 5 <sup>×</sup> no aterro
5 <sup>×</sup> Queda de blocos 5 <sup>×</sup> Corrida de detritos

Soma de todos os itens assinalados: \_\_\_\_\_

## 8. Grau de Risco


<b>Mais de 40 – ↘ RISCO MUITO ALTO</b> - Providência imediata – <i>Remover todas as pessoas do local de risco – Acionar a Defesa Civil – Solicitar recursos adicionais.</i>
<b>30 α 40 – ↘ RISCO ALTO</b> - Manter local em observação constante – Remover as pessoas portadoras de necessidades especiais, crianças, idosos - Acionar a Defesa Civil – Solicitar recursos adicionais.
<b>20 α 30 – ↘ RISCO MÉDIO</b> - Manter local em observação – Comunicar Defesa Civil
<b>Até 20 - ↘ RISCO BAIXO OU INEXISTENTE</b> – Orientar a população local - medidas preventivas, Avisar Defesa Civil.

## 9. Necessidade de Remoção

Quantidade de moradias em risco: _____	Quantidade de pessoas p/ remoção: _____
--	---

## 10. Desenho / Outras informações

Croqui do local



BM Responsável pelo preenchimento	Assinatura
Nome: Mtcl:	