

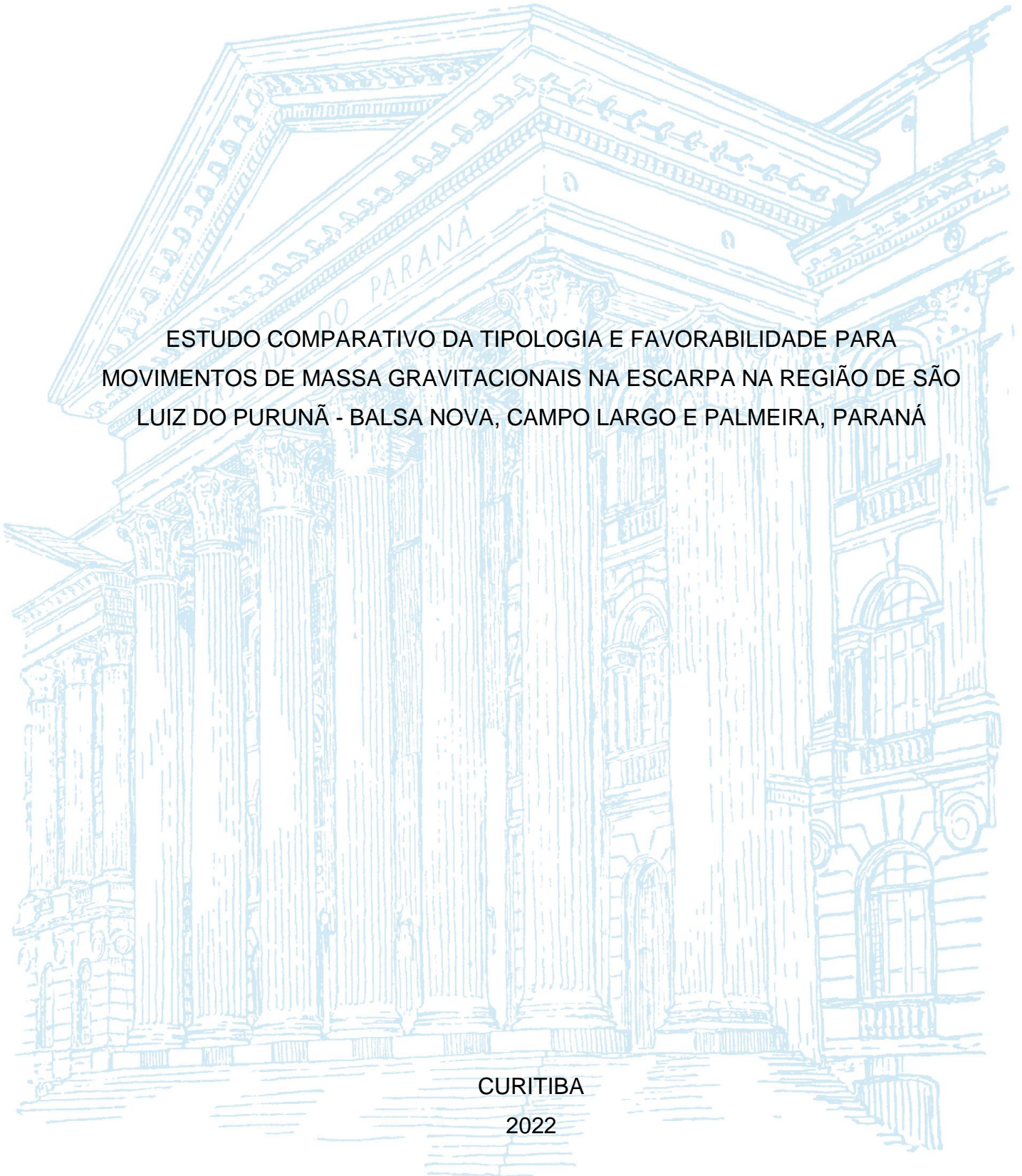
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME MACHADO DO VALLE

ESTUDO COMPARATIVO DA TIPOLOGIA E FAVORABILIDADE PARA  
MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS NA ESCARPA NA REGIÃO DE SÃO  
LUIZ DO PURUNÃ - Balsa Nova, Campo Largo e Palmeira, Paraná

CURITIBA

2022



GUILHERME MACHADO DO VALLE

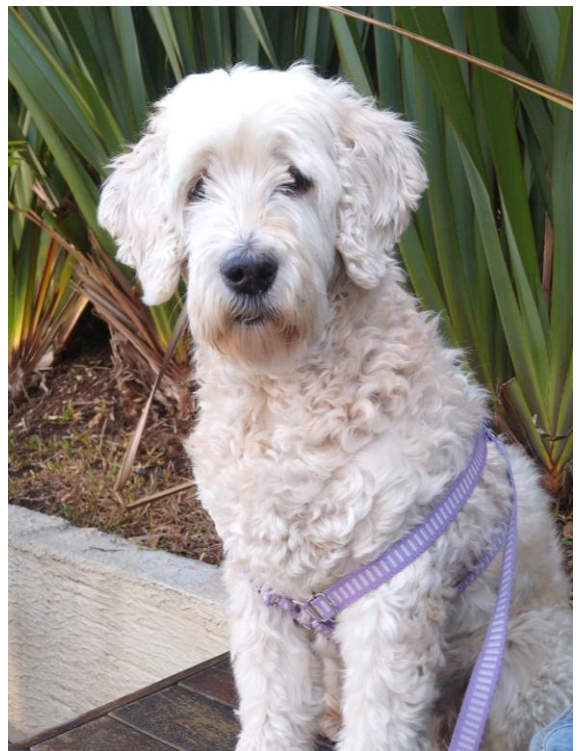
ESTUDO COMPARATIVO DA TIPOLOGIA E FAVORABILIDADE PARA  
MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS NA ESCARPA NA REGIÃO  
DE SÃO LUIZ DO PURUNÃ - Balsa Nova, Campo Largo e Palmeira,  
PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. M.Sc. Renato Eugenio de Lima

CURITIBA

2022



*À Lua, por estar presente em metade da minha vida, por me fazer companhia enquanto escrevia este trabalho e por ter me ensinado tanto sobre afeto.*

*Sinto sua falta.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, inicialmente à Universidade Federal do Paraná e ao Departamento de Geologia pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

Ao professor Renato Lima, pela orientação e por toda a paciência, compreensão e parceria ao longo desses últimos dois anos. Minha atuação no CENACID - Centro de Apoio Científico em Desastres da UFPR foi fundamental na decisão para seguir carreira na área de Geologia Ambiental.

Aos grandes amigos que fiz ao longo da graduação. Em especial à Mayara Brasil, Gabrielle Poi, Júlio Brita e Maiara Fabri pela amizade e pela força que me manteve firme, forte e feliz neste último ano – sem vocês tudo teria sido mais difícil. À Flávia, Gabriela e Lívia, por sempre se importarem tanto comigo. Aos amigos de turma, de mapeamento, de estágio e de coração, especialmente Karen, Amanda, Maciel, Barbara, Eduarda, Gabriel, Guilherme e Nathalia.

Ao LAMIR – Laboratório de Análise de Minerais e Rochas pela oportunidade de estagiar e aprender tanto ao lado de pessoas que me acolheram tão bem.

À minha família, que é o motivo de eu estar aqui. Agradeço aos meus pais, Rosemeri e Mauri, e meus irmãos, Vinícius e Tiago, pelo amor incondicional sob o qual cresci. Obrigado por estarem sempre ao meu lado, me apoiando, incentivando e dando o suporte necessário sempre que precisei.

Por fim, agradeço do fundo do meu coração aos dois baixinhos que fazem minha vida extremamente feliz, João Vitor e Antônio. Dedico toda conquista a vocês. Obrigado por todo o amor. Apesar de serem tão pequenos, vocês ocupam um espaço gigante no meu coração.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a caracterização da tipologia e das condições favoráveis à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais na escarpa na região de São Luiz do Purunã – Balsa Nova, Campo Largo e Palmeira, Paraná. Através da comparação de dados obtidos em trabalho de campo e mapas temáticos com informações de geologia, hipsometria e declividade notou-se a predisposição da ocorrência de movimentos de massa gravitacionais dos tipos queda de blocos, corridas e deslizamentos translacionais, geralmente condicionados pela litologia e altas declividades. Os mapas temáticos foram importados no software Vista SAGA e foram atribuídos, para cada um deles, classes e pesos distintos. A sobreposição destas informações no Módulo Avaliação possibilitou gerar uma carta de condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais indicando os locais de favorabilidade muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta. Foram propostas alternativas de enfrentamento aos processos perigosos que ocorrem na área de estudo evidenciando a necessidade de alternativas estruturais para conter processos nas vertentes próximas as rodovias e alternativas naturais em relação ao uso e ocupação do solo e a conscientização da comunidade.

Palavras-chave: Movimentos de massa gravitacionais. Desastres naturais. São Luiz do Purunã. Vista SAGA.

## **ABSTRACT**

This undergraduate thesis aims to characterize the typology and favorable conditions for the occurrence of gravitational mass movements on the escarpment in the region of São Luiz do Purunã – Balsa Nova, Campo Largo and Palmeira, Paraná. Through the comparison of data obtained in field work and thematic maps with information about geology, hypsometry and slope, it was noticed the predisposition of the occurrence of gravitational mass movements of the types rockfalls, flows and translational landslides, generally conditioned by the lithology and high slopes. The thematic maps were imported into the Vista SAGA software and different classes and weights were assigned to each one. The superposition of this information in the Evaluation Module made it possible to generate a map of conditions favorable to gravitational mass movements indicating the places of very low, low, moderate, high and very high favorability. Alternatives were proposed to face the dangerous processes that occurs in the study area, highlighting the need for structural alternatives to contain processes in the slopes close to the highways and natural alternatives in relation to the use and occupation of the land and community awareness.

Keywords: Gravitational mass movements. Natural disasters. São Luiz do Purunã. Vista SAGA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	4
Figura 2 - Esquema de rastejo ou fluxo lento de terra. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008 .....	6
Figura 3 - a) Esquema de deslizamento translacional e b) Esquema de deslizamento rotacional. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008 .....	7
Figura 4 - Esquema de corrida ou fluxo de detritos. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008 .....	8
Figura 5 - a) Esquema de queda rochosa e b) Esquema de tombamento de blocos. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008 .....	9
Figura 6 - Esquema da estrutura geológica do relevo do Paraná. Fonte: Melo et al., 2007.....	14
Figura 7 - Contexto geológico regional da região da Escarpa. Fonte: Souza & Souza, 2002.....	15
Figura 8 - Indicação da extensão percorrida pelo movimento de massa gravitacional. ....	18
Figura 9 – Perfil da drenagem com indicação da posição onde foram realizadas as descrições dos blocos movimentados.....	19
Figura 10 – a) e b) Contato geológico definido e blocos rochosos suspensos; c) detalhe do bloco rochoso movimentado.....	20
Figura 11 – a) Blocos rochosos suspensos localizados em contato geológico; b) e c) blocos caídos ao longo da BR277.....	21
Figura 12 – a) Deslizamento translacional raso; b) deslocamento centimétrico em estrutura da rodovia; c) Árvores com troncos inclinados.....	22
Figura 13 - a) Mapa geológico; b) Mapa hipsométrico; c) Mapa de declividade.....	23
Figura 14 – Etapa de atribuição de pesos para os mapas e classes no Módulo Avaliação na interface Vista SAGA.....	25
Figura 15 – Carta de condições de favorabilidade para os temas considerados gerada no Módulo Avaliação. Foram individualizadas 30 classes de favorabilidade.....	25
Figura 16 - Carta de condições de favorabilidade à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais na área de estudo.....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de movimentos de massa gravitacionais simplificado de Varnes (1978). .....	5
Tabela 2 - Classes determinadas para os mapas temáticos de declividade e altimetria.....	13
Tabela 3 – Pesos atribuídos para as classes no Mapa Geológico. ....	24
Tabela 4 - Pesos atribuídos para as classes do Mapa de Declividade .....	24
Tabela 5 - Pesos atribuídos para as classes do Mapa de Altimetria .....	24
Tabela 6 - Síntese das informações referentes as classes de favorabilidade. ....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	4
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.2.1 Objetivo geral .....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS .....	5
2.1.1 Rastejo .....	6
2.1.2 Deslizamentos.....	7
2.1.3 Corridas.....	7
2.1.4 Quedas e tombamentos .....	8
2.2 FATORES CONDICIONANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS.....	9
2.3 SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE .....	10
2.4 RISCO E PERIGO.....	10
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	12
3.3 TRATAMENTO DOS DADOS .....	12
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>14</b>
4.1 ESCARPA DEVONIANA .....	14
4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	15
4.2.1 Formação Camarinha.....	16
4.2.2 Formação Furnas .....	16
4.2.3 Grupo Itararé .....	17
4.2.4 Formação Votuverava .....	17
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
5.1 MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS DESCRITOS EM CAMPO.....	18
5.1.1 Corrida.....	18
5.1.2 Quedas e tombamentos .....	20
5.1.3 Deslizamento Translacional .....	21

5.2 CARTA DE CONDIÇÕES FAVORÁVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS CONSIDERANDO DECLIVIDADE, HIPSOMETRIA E LITOLOGIA .....	23
5.3 ALTERNATIVAS DE ENFRENTAMENTO .....	28
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 1 – CARTA DE CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Guimarães (2000), atualmente os desastres naturais correspondem a um dos grandes problemas socioeconômicos do mundo. Por ser um país de clima tropical úmido, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil são provenientes da dinâmica externa da Terra, como tempestades, inundações e movimentos de massa gravitacionais (Tominaga, 2009).

No Brasil, processos como movimentos de massa gravitacionais são habitualmente divulgados na mídia pois ocorrem, comumente, em áreas com alta concentração populacional e causam prejuízos econômicos e também vítimas fatais.

O mapeamento de áreas propensas a ocorrência de desastres tem se tornado um trabalho de extrema importância, principalmente no peso que deve apresentar no planejamento e gestão ambiental e territorial. Em abril de 2012, foi promulgada a Lei nº 12.608, como esforço para o fortalecimento da política nacional de redução de riscos. Nesta, cartas de suscetibilidade, cartas geológicas e cartas de risco tomam frente como produtos necessários na gestão municipal e na prevenção de riscos.

Mapas de favorabilidade ou suscetibilidade a processos geológicos perigosos como deslizamentos e inundações, são documentos que apresentam importantes informações para o planejamento territorial em áreas urbanas e rurais. A análise envolve um esforço de previsão, com o objetivo de definir as condições espaciais e seus respectivos graus de risco. Este tipo de mapeamento é a primeira tarefa que deve ser realizada no processo de mitigar efetivamente as áreas propensas a movimentos de massa gravitacionais com o objetivo de minimizar os impactos na sociedade (Vanacôr, 2012).

O presente trabalho de conclusão de curso objetiva a análise de tipologia e as condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais na região da escarpa em São Luiz do Purunã – Balsa Nova, Campo Largo e Palmeira (PR) (Figura 1). Dados obtidos em atividade de campo e mapas temáticos serão utilizados para a produção de cartas e determinação de áreas favoráveis a esses processos.

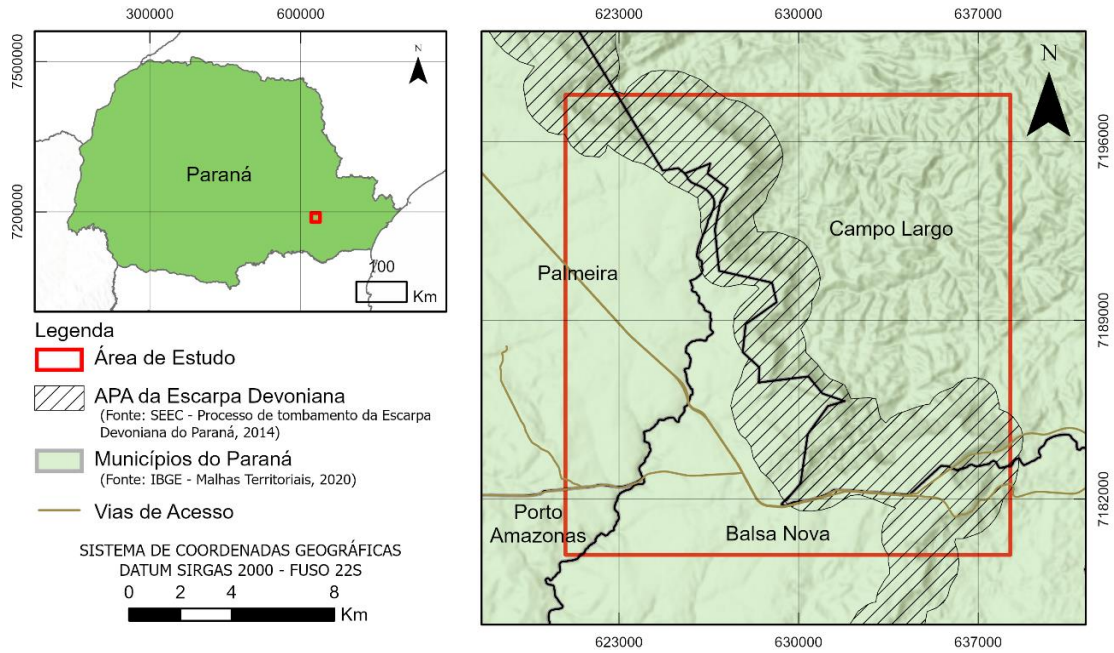


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A motivação para a realização deste trabalho é dar continuidade aos estudos de reconhecimento realizados em 2019 na Escarpa Devoniana pelo CENACID - Centro de Apoio Científico em Desastres da UFPR, de forma a contribuir na discussão sobre a preservação da região da escarpa e sua importância como espaço que abriga significativo corredor de transportes.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Caracterização da tipologia e comparação dos dados obtidos em atividade de campo de forma a buscar padrões favoráveis à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais na região.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são a) caracterizar a tipologia de movimentos de massa gravitacionais; b) avaliar quais padrões são favoráveis a estes processos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS

Segundo Bigarella (2003), movimentos de massa gravitacionais são os principais processos responsáveis pela evolução do relevo, sendo importantes modeladores da superfície terrestre. De mesma forma, Tominaga (2007) evidencia a importância destes eventos como participantes da evolução geomorfológica nas regiões serranas, porém a crescente ocupação urbana indiscriminada em áreas desfavoráveis tem disseminado a ocorrência de acidentes associados a estes processos.

Bigarella (2007) define que movimentos de massa gravitacionais são deslocamentos de um determinado volume de solo, rocha e detritos causado pela ação da gravidade. São iniciados no momento em que a força de tração, dada pela gravidade atuante na declividade do terreno, supera a força de resistência, principalmente a força de atrito (Montgomery, 1992).

A ocorrência destes processos está relacionada a diversos fatores que os condicionam, deflagram ou os aceleram, como a litologia, pluviosidade, uso e ocupação do solo, entre outros. Mas os fatores pelos quais são classificados dizem respeito aos mecanismos e tipo de material que é movimentado. Internacionalmente, as classificações mais utilizadas são as propostas por Varnes (1978) (Tabela 2) e a proposta por Highland e Bobrowsky (2008).

Tabela 1 - Classificação de movimentos de massa gravitacionais simplificado de Varnes (1978).

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL		
	ROCHA	SOLO	
Quedas e Tombamentos	De rocha	De massa de solo e rocha	De terra
Escorregamentos	De rocha	De massa de solo e rocha	De terra
Corridas	De rocha (rastejo profundo)	De massa de solo e rocha	De terra
	Rastejo de Solo		

### 2.1.1 Rastejo

De acordo com Highland e Bobrowsky (2008), rastejo é, provavelmente, o tipo mais comum de deslizamentos e, muitas vezes, precedem outros tipos de movimentos de massa, mais rápidos e perigosos.

Rastejo ou *creep* movimentam solo, depósitos, rocha alterada/fraturada a partir de vários planos internos de deslocamento. São movimentos sem geometria definida que ocorrem em baixas velocidades decrescentes com a profundidade (cm/ano) (CPRM, 2017).

Geralmente, são classificados em três tipos principais: (1) sazonal, em que o movimento ocorre no interior e no fundo do solo afetado por alterações sazonais; (2) contínuo, no qual a tensão de cisalhamento contínua excede a resistência do material; e (3) progressivo, no qual os taludes atingem o ponto de ruptura gerando outros tipos de movimentação no terreno (Highland e Bobrowsky, 2008).

Podem ocorrer em escalas regionais ou limitados à uma pequena área e apresentam como principais evidências de movimentação: degraus de abatimento, rachaduras nas paredes, árvores com troncos tortos e postes, cercas, troncos inclinados (Figura 2). O rastejo pode ainda, afastar tubulações e deslocar edifícios e construções de grande escala (Highland e Bobrowsky, 2008).

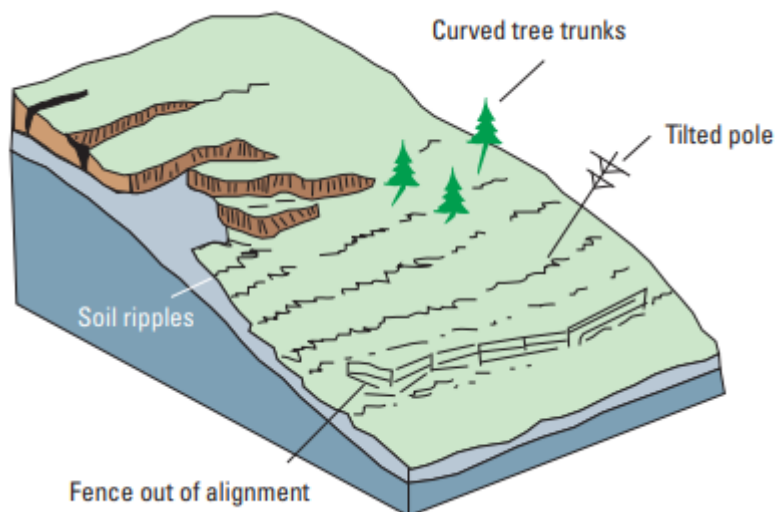


Figura 2 - Esquema de rastejo ou fluxo lento de terra. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008

### 2.1.2 Deslizamentos

Os deslizamentos são processos caracterizados por velocidades médias a altas (m/h a m/s) com poucos planos de deslocamento internos podendo movimentar pouca ou grande quantidade de materiais variáveis (CPRM, 2017). Apresentam limites laterais e profundidade bem definidos (Figura 3). A classificação do deslizamento é feita a partir da geometria da superfície de ruptura que, por sua vez, é condicionada pela existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza presentes no material movimentado.

Deslizamentos translacionais ocorrem segundo uma superfície de ruptura planar associada normalmente a estruturas como falhas, junções, superfícies, estratificações e contatos geológicos. Podem avançar por grandes distancias dependendo da inclinação da superfície de ruptura, divergindo dos deslizamentos rotacionais que tendem a restaurar o equilíbrio do deslizamento de maneira rápida (Highland e Bobrowsky, 2008).

Deslizamentos rotacionais ocorrem a partir de uma superfície de ruptura circular, em níveis mais profundos, de forma a movimentar o material em torno de um eixo paralelo ao contorno do talude (Highland e Bobrowsky, 2008).

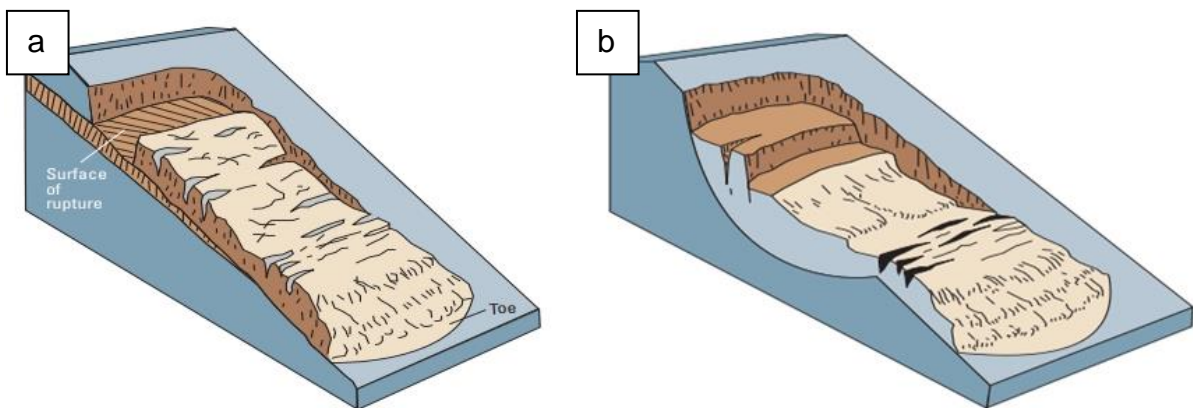


Figura 3 - a) Esquema de deslizamento translacional e b) Esquema de deslizamento rotacional.  
Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008

### 2.1.3 Corridas

De acordo com a CPRM (2017), corridas de lama ou detritos são processos caracterizados pela mobilização de grandes volumes de material num movimento semelhante a um líquido viscoso encaixados em drenagens principalmente em áreas

de relevo acidentado (Figura 4). Alcançam velocidades médias a altas e apresentam extenso raio de alcance (kms).

Apresentam alto poder destrutivo podendo mover objetos do tamanho de residências e podem enterrar grandes construções, preenchendo-as pelo rápido acúmulo de sedimentos (Highland e Bobrowsky, 2008). Oliveira (2010) relaciona a origem desses movimentos às águas da chuva e o processo como parte da dinâmica de evolução de vertentes.

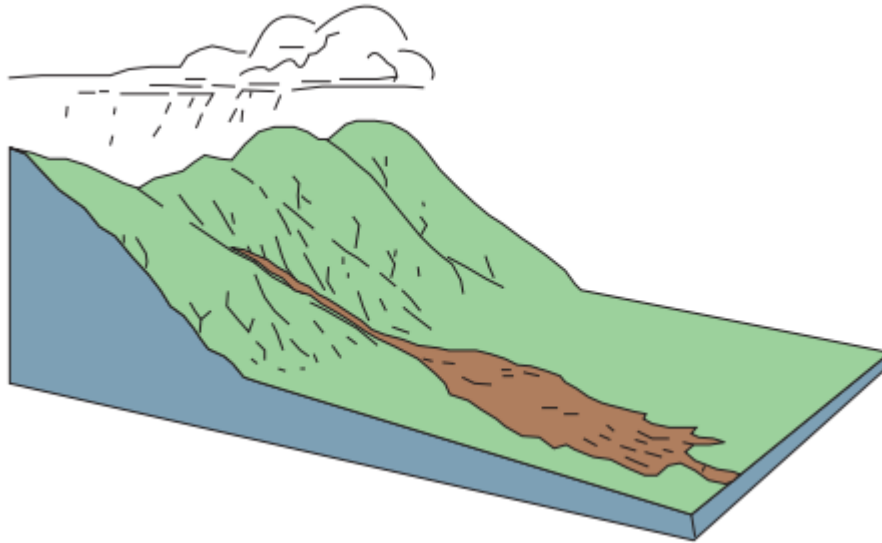


Figura 4 - Esquema de corrida ou fluxo de detritos. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008

#### 2.1.4 Quedas e tombamentos

De acordo com Highland e Bobrowsky (2008), quedas são movimentos repentinos que movimentam blocos rochosos e/ou solo que se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos (Figura 5). O material movimentado pode sofrer quebra no processo de impacto, sofrer rolamento em taludes mais íngremes e chegar até cotas mais baixas do terreno. São processos com velocidade rápida a extremamente rápida dependendo da inclinação do talude. Esse tipo de movimento de massa é desencadeado pela perda de resistência mecânica de apoio que antes estabilizava o bloco rochoso (Oliveira, 2010). A erosão regressiva dos taludes envolvendo processos naturais como rios ou condições climáticas e atividades humanas como escavações são mecanismos de desencadeamento comuns deste tipo de processo (Highland e Bobrowsky, 2008).

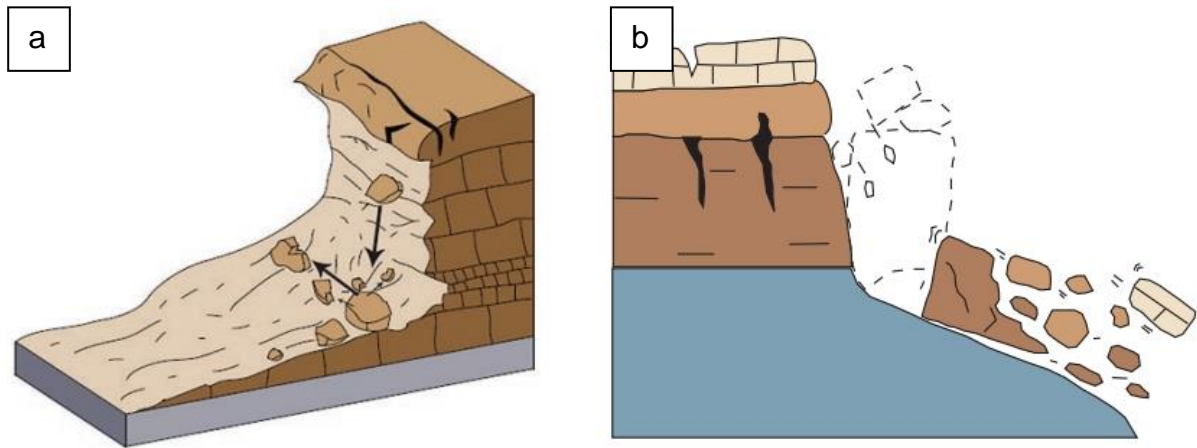


Figura 5 - a) Esquema de queda rochosa e b) Esquema de tombamento de blocos. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008

## 2.2 FATORES CONDICIONANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS

De acordo com Bigarella (2003), diversos são os fatores que propiciam a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e estão, geralmente, atrelados as estruturas geológicas, tipos litológicos, pluviosidade e morfologia do terreno.

O substrato geológico é um dos principais fatores causadores de movimentos de massa. Além do tipo litológico a presença de estruturas como padrões de fraturamento, xistosidades, dobramentos e estratificações podem servir como planos preferenciais e caminhos para a percolação de água facilitando o desencadeamento desses processos (Dias, 2000).

A morfologia das vertentes é um dos fatores controladores de movimentos de massa gravitacionais que mais precisa de atenção. Bigarella (2003) afirma que todos os desastres relacionados a movimentos de massa que ocorreram no Brasil estão relacionados a localidades de altas declividades. Vertentes com altas inclinações são associadas as áreas de risco pois encostas verticais favorecem o rápido descolamento de massas de solo ou rochas.

No Brasil, um país de clima tropical úmido, a chuva intensa contribui decisivamente para a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (Tominaga, 2009). Chuvas intensas, tempo de duração da precipitação, condutividade hidráulica dos solos são fatores que condicionam a infiltração de água no subsolo e, conseqüentemente, a ocorrência de deslizamentos.

Oliveira (2010) e Tominaga (2009), evidenciam, ainda, o processo de urbanização e ocupação de áreas naturalmente favoráveis a ocorrência de processos perigosos como fatores que aceleram e agravam os movimentos de massa gravitacionais.

### 2.3 SUSCETIBILIDADE E VULNERABILIDADE

Segundo Reckziegel (2012), suscetibilidade é definida como uma característica inerente ao meio de forma a representar a fragilidade do ambiente em relação aos movimentos de massa, analisada através dos fatores de predisposição para a ocorrência.

Um Mapa de Suscetibilidade a deslizamentos descreve as áreas que apresentam potencial para a ocorrência desses processos. Essas áreas são determinadas a partir da obtenção de dados como encostas íngremes e unidades geológicas, por exemplo, e posterior correlação entre eles. Esses mapas não fazem provisões absolutas, apenas apresentam informações de estabilidade de taludes (Highland e Bobrowsky, 2008).

O conceito de vulnerabilidade apresenta uma diferença em relação ao de suscetibilidade ao apresentar como fator importante a ação antrópica. O Ministério das Cidades (2007) define vulnerabilidade como “o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo”. De mesma forma, IPT (2014), define vulnerabilidade como grau de perdas e danos associados aos elementos expostos, de forma a determinar um valor de 0 a 1 sendo o valor crescente a partir do maior grau de vulnerabilidade.

### 2.4 RISCO E PERIGO

De acordo com CPRM (2018) perigo é a condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável dentro de um certo período de tempo. Zuquette (1993) caracteriza perigo o associando a um fenômeno de origem natural ou provocado pelo homem, que se manifesta em um lugar específico, em tempo determinado, produzindo efeitos adversos nas pessoas, nos bens e/ou no meio ambiente.

Tominaga (2012), descreve risco como a 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. De acordo com Zuquette (1993), risco é a probabilidade de que ocorram perdas (econômicas, sociais e ambientais) além de um valor considerado normal ou aceitável para um lugar específico durante um período de tempo determinado. É considerado o resultado da relação entre o perigo e vulnerabilidade dos elementos (seres humanos, residências entre outros) expostos.

Varnes (1984) propõe uma equação para avaliação de risco. Produto da probabilidade de ocorrência de um fenômeno ou evento, no tempo e espaço conhecido (H), pela vulnerabilidade ou grau de perda de um dado elemento de risco (V).

Outra equação muito utilizada para avaliação de risco é resultado do produto da possibilidade de ocorrência de um determinado evento (P), pelo conjunto de seus danos, efeitos ou conseqüências potenciais e econômicas, a pessoas, materiais ou meio ambiente (C) (Ministério das Cidades, 2006)

Lima (1998), propõe que risco está relacionado a Possibilidade de ocorrência do Processo Perigoso e a Possibilidade de Prejuízos ou Danos que ele pode causar.

$$\text{Risco} = \text{PPP} \times \text{PPD}$$

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

As atividades descritas neste trabalho foram realizadas durante os anos de 2021 e 2022 e foram realizadas em 3 etapas: revisão bibliográfica, levantamento de campo e tratamento dos dados. Essas etapas serão aqui descritas e serviram como base para a discussão dos resultados apresentada neste trabalho.

#### **3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

As atividades tiveram início com a realização de um levantamento bibliográfico e produção de mapas iniciais da área de estudo. Para isso, foram

utilizados trabalhos, publicações e manuais técnicos visando a revisão acerca de fatores e classificações envolvendo movimentos de massa gravitacionais. Da mesma forma, pela diversidade de autores e trabalhos sobre o tema, foram selecionados os conceitos de risco, perigo, suscetibilidade e vulnerabilidade que seriam utilizados nesta pesquisa.

A partir da revisão bibliográfica, notou-se a necessidade da confecção de mapas temáticos que demonstrassem características morfológicas e geológicas da região de estudo. Uma base de dados foi criada agrupando informações, em formato *shapefile*, para o desenvolvimento destes mapas. A partir do software ArcGis Pro, foram produzidos mapas de declividade, altimetria e substrato geológico com dados obtidos em plataformas online e gratuitas do IBGE, CPRM e ITCG.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado em etapa única no dia 16 de novembro de 2021. Teve por objetivo o reconhecimento da área de forma a caracterizar movimentos de massa gravitacionais antigos que ocorreram na região. A atividade contou com a presença do autor e do orientador deste trabalho e foram utilizados veículo e materiais oferecidos pelo CENACID.

Nesta etapa, foi realizado o reconhecimento e a descrição dos processos observados. Foram coletadas, de 5 movimentos de massa gravitacionais estudados, informações como: tipologia do movimento de massa, descrição do material movimentado, descrição da geomorfologia e, quando possível, conversa com moradores da região para obter o relato do processo perigoso.

### 3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Com base nos dados coletados em campo e utilizando os produtos gerados durante a etapa inicial do trabalho, nesta etapa foram preparados os produtos finais apresentados nesse trabalho.

Primeiramente, os dados obtidos em campo foram analisados para a caracterização da tipologia de movimentos de massa gravitacionais que ocorrem na área de estudo. Com a adição dos dados coletados em campo aos dados obtidos

nos mapas temáticos de declividade, altimetria e geologia, foi possível analisar preliminarmente algumas condições favoráveis a estes processos.

Nesta etapa, foi utilizado o software Vista SAGA para a correlação de informações. O software é uma plataforma, elaborada pelo Laboratório de Geoprocessamento da UFFRJ, que permite realizar diversas avaliações a partir do módulo Análise Ambiental. Para esse trabalho, o objetivo do uso do SAGA foi a sobreposição de mapas temáticos para a produção de cartas de condições favoráveis dos temas estudados para a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais na área de estudo.

Utilizando o Módulo Criar Raster, os mapas temáticos foram importados ao software no formato *tiff* e tratados para a criação de classes, identificadas por diferentes cores. O mapa geológico teve suas classes representadas pelas unidades geológicas aflorantes na região. A Tabela 2 apresenta as classes determinadas para os mapas de declividade e altimetria, inicialmente individualizadas a partir do tratamento de dados pelo Software ArcGis Pro.

Tabela 2 - Classes determinadas para os mapas temáticos de declividade e altimetria.

MAPA TEMÁTICO	CLASSES				
Declividade	0 - 16	16 - 32	32 - 48	48 - 64	64 - 85
Altimetria	662 - 800	800 - 898	898 - 998	998 - 1.085	1.085 - 1.230

Realizada a determinação de classes, os mapas temáticos são convertidos para o formato *raster* e importados no Módulo Avaliação, onde é feita a sobreposição destes com a indicação de pesos para cada informação utilizada. A definição do peso atribuído a cada mapa temático é realizada a partir do tratamento dos dados obtidos em campo, observando os principais agentes deflagradores dos processos. O produto obtido é uma carta de condições mais favoráveis, considerando os temas estudados (declividade, altimetria e geologia) à movimentos de massa gravitacionais com informações que indicam condições de favorabilidade baixa, média e alta na área de estudo.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 ESCARPA DEVONIANA

A compartimentação geomorfológica do estado do Paraná é representada por planaltos escalonados com caimento para oeste-noroeste e delimitados por estruturas escarpadas que formam “degraus” topográficos (Figura 6).

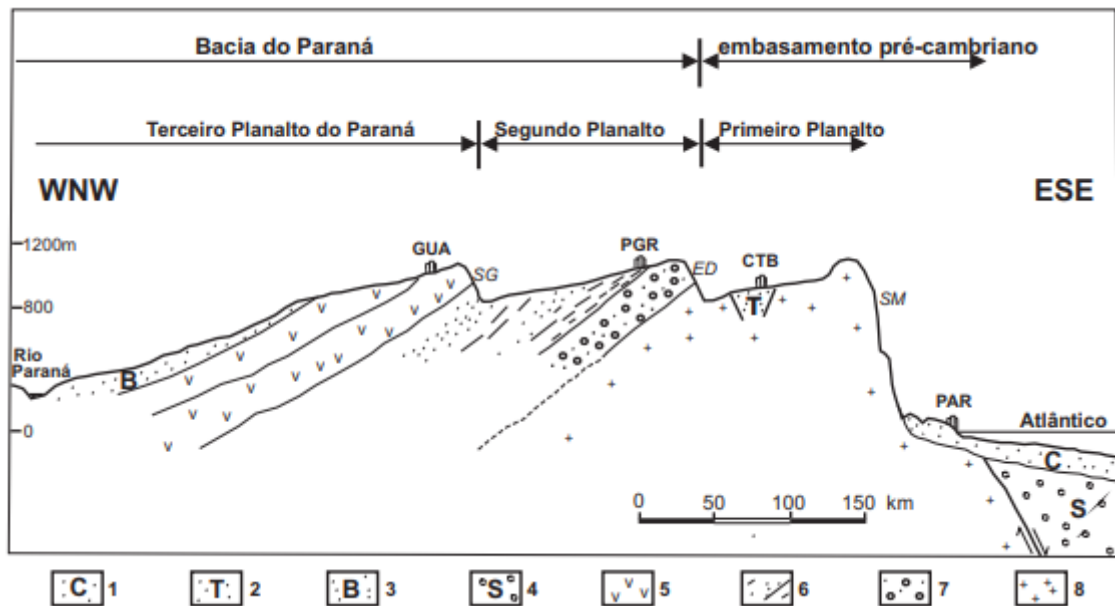


Figura 6 - Esquema da estrutura geológica do relevo do Paraná. 1: sedimentos cenozóicos da Planície Costeira e Plataforma Continental; 2: sedimentos cenozóicos da Bacia de Curitiba; 3: Grupos Bauru e Caiuá (Cretáceo); 4: Bacia de Santos; 5: derrames de basalto da Formação Serra Geral; 6: unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná; 7: Formação Furnas; 8: embasamento pré-cambriano. Cidades - PAR: Paranaguá; CTB: Curitiba; PGR: Ponta Grossa; GUA: Guarapuava. Escarpas: SM: Serra do Mar; ED: Escarpa Devoniana; SG: Serra Geral. Fonte: Melo et al., 2007.

A região estudada neste trabalho está compreendida na transição entre o Primeiro e Segundo Planaltos Paranaenses, delimitados por um escarpamento geralmente denominado Escarpa Devoniana. Corresponde a um relevo de *cuesta* de origem erosiva que, em sua maioria, expõe as rochas areníticas de idade Devoniana da Formação Furnas. A sua origem está associada a uma série de processos iniciados na ruptura do Gondwana no Mesozóico Superior e sua evolução é resultado de alternâncias climáticas e processos de erosão diferencial principalmente durante o Terciário e Quaternário inferior (Souza e Souza, 2002).

O relevo na área de estudo é caracterizado por domínios contrastantes. Na região da escarpa, são frequentes encostas com altas declividades, geralmente verticalizadas, com cânions (*canyons*) e rios encaixados. À oeste, a paisagem é tomada por uma topografia suavemente ondulada com feições de topos aplainados ou convexos e declives suaves.

O escarpamento da Formação Furnas se estende por aproximadamente 260 km entre os estados de São Paulo e Paraná e constitui um importante sítio geológico, geomorfológico e arqueológico do Brasil. Em 1992 foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana, que compreende uma área de 392.363,38 ha e foi criada através do Decreto Estadual nº 1.231, de 27/02/1992, com o objetivo de assegurar a proteção do limite natural entre o Primeiro e Segundo Planaltos Paranaenses.

#### 4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

Neste tópico serão apresentadas informações relevantes a esse trabalho quanto ao contexto geológico regional da Escarpa Devoniana (Figura 7).

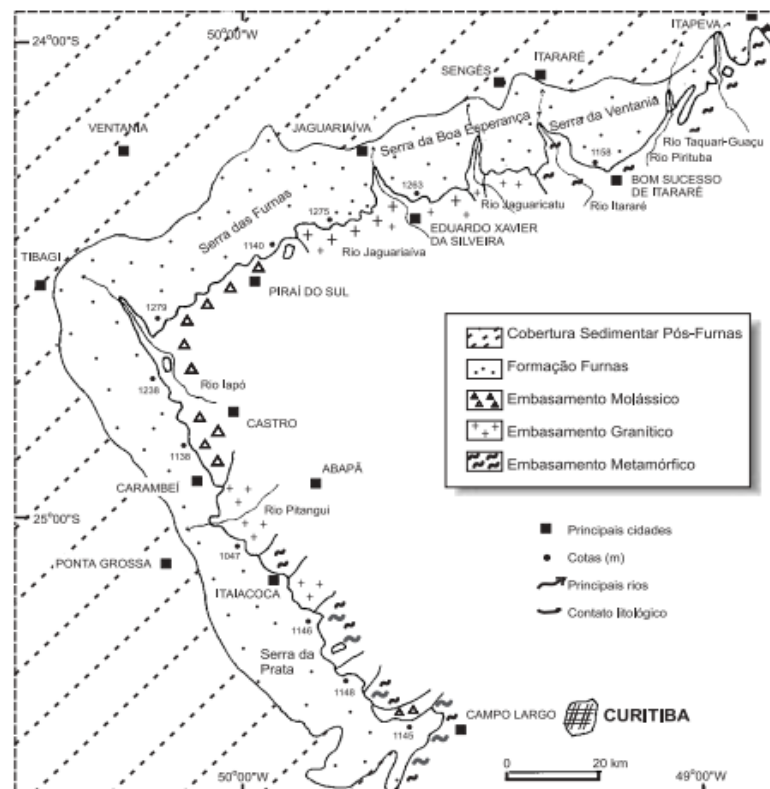


Figura 7 - Contexto geológico regional da região da Escarpa. Fonte: Souza e Souza, 2002.

#### 4.2.1 Formação Camarinha

Segundo Moro (2000), a Formação Camarinha integra uma unidade sedimentar de idade Neoproterozóica localizada no centro-leste do estado do Paraná. A bacia da Formação Camarinha encontra-se em contato com as rochas metassedimentares mesoproterozoicas a neoproterozoicas das formações Água Clara, Capiru e Votuverava a partir de falhamentos transcorrentes associados a Falha da Lancinha e por discordâncias angulares. Na porção oeste, é recoberta em discordância angular pelas rochas sedimentares devonianas da Formação Furnas e rochas permo-carboníferas do Grupo Itararé. O Complexo Atuba, Núcleo Betara, formações Água Clara, Capiru e Votuverava e rochas graníticas diversas constituem as unidades do embasamento.

É constituída por conglomerados, brechas, arenitos, siltitos, lamitos e ritmitos imaturos dispostos em três unidades definidas por Moro (2000). As três unidades são caracterizadas por elevada imaturidade mineralógica e submaturidade textural definida pela seleção moderada a ruim dos grãos. As rochas apresentam-se com alto grau de alteração intempérica e oxidação evidenciada pela coloração castanho-avermelhada.

As unidades da Formação Camarinha apresentam-se deformadas representando estruturas sinclinais, sistemas de fraturas e estiramento de clastos formadas no mesmo evento que também gerou a Zona de Cisalhamento Transcorrente da Falha da Lancinha (Moro, 2000).

#### 4.2.2 Formação Furnas

De acordo com Assine (1999), a Formação Furnas, da idade eo-devoniana, constitui uma extensa unidade siliciclásticas da Bacia do Paraná com geometria tabular e espessura média entre 250 e 300m, com alteração somente nas bordas da unidade. É constituída por arenitos quartzosos de coloração clara, granulação média a grossa, feldspáticos e/ou cauliniticos e mal selecionados. Os arenitos apresentam geometria tabular, lenticular e cuneiforme, com considerável presença de estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (Assine, 1996). Na base, é observado predomínio de arenitos grossos, imaturos, com ocorrências descontínuas de arenitos conglomeráticos e conglomerados quartzosos. Na parte

superior da formação, predominam arenitos mais finos, com níveis de siltos argilosos micáceos.

Há controvérsias no quesito do paleoambiente deposicional da Formação Furnas. Bigarrela et al. (1966), Petri (1948) e Sanford e Lange (1960) determinam ambiente marinho raso para a deposição da unidade. Outros autores (Northfleet et al. 1969, Schneider et al. 1974) determinam origem fluvial. Assine et al. (1994) considera a unidade como faciologicamente complexa, sendo produto de uma associação de fácies deltaicas e marinhas plataformais.

#### 4.2.3 Grupo Itararé

O Grupo Itararé corresponde a uma sequência de rochas sedimentares que se apresentam como depósitos fluvio-glaciais, glacio-marinhos e marinhos associadas ao degelo de extensas geleiras posicionadas na margem meridional do Gondwana (Milani et al. 1994).

No estado do Paraná, o Grupo Itararé é representado estratigraficamente por três formações propostas por Schneider et al. (1974): Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul. França & Potter (1988), propõem uma nova divisão baseada em dados de testemunhos de sondagens: Lagoa azul, Campo Mourão e Taciba.

A Formação Campo do Tenente é a unidade basal do Grupo Itararé, composta por argilitos, ritmitos e diamictitos, apresentando arenitos com estrias glaciais na base. Depositada acima da formação Campo do Tenente, ocorrem os arenitos, diamictitos, conglomerados, ritmitos e argilitos da Formação Mafra, unidade intermediária. A Unidade Superior corresponde a Formação Rio do Sul que apresenta folhelhos (Lontras) e argilitos na sua base e argilitos, folhelhos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos no topo.

#### 4.2.4 Formação Votuverava

A Formação Votuverava, definida por Bigarella e Salamuni (1958), está inserida no Grupo Açungui e apresenta-se limitada a norte pelas zonas de cisalhamento Morro Agudo, Ribeira, Figueira e Agudos Grandes e, a sul, pela Zona de Cisalhamento Lancinha.

De acordo com Mineropar (2001), a Formação Votuverava é composta por meta-sedimentos, mármore impuros, rochas calcissilicáticas, metacalcários, quartzitos, xistos, filitos, metaconglomerados e metagrauvas. Fiori (1993), subdivide a formação em três sequencias litológicas, da base para o topo, distintas: Bromado, Coloninha e Saivá.

Fiori (1993) determina os ambientes deposicionais da Formação Votuverava descrevendo ambientes glaciais como geradores do Conjunto Bromado, depósitos de turbidez distais e proximais para o Conjunto Coloninha e condições de maior estabilidade da bacia para o Conjunto Saivá, caracterizado por depósitos em águas relativamente calmas e de profundidades médias.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS DESCRITOS EM CAMPO

#### 5.1.1 Corrida

O primeiro processo descrito em campo está localizado sobre uma drenagem, com direção N40E, dentro de uma propriedade privada. Trata-se de um movimento de massa gravitacional do tipo “corrida” que ocorreu no ano de 2013. Foi realizado um caminhamento ao longo da drenagem delimitando a posição do início e fim do processo (Figura 8).

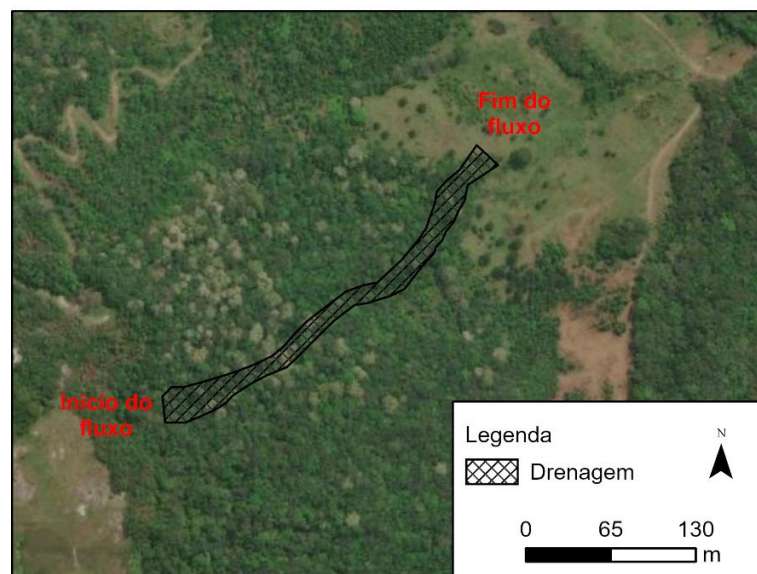


Figura 8 - Indicação da extensão percorrida pelo movimento de massa gravitacional.

Durante a visita, um dos moradores do local acompanhou o trabalho de campo e concedeu uma entrevista acerca do evento estudado. De acordo com o morador, que se encontrava na propriedade no momento do ocorrido, o processo foi rápido e com alto poder destrutivo, sendo capaz de carregar blocos rochosos de tamanho métrico e arrancar árvores ao longo das margens da drenagem. O morador apresentava incerteza quanto a data do evento, mas informou que o processo foi desencadeado num momento de alta pluviosidade concentrada, não tendo registro de chuvas nos dias anteriores.

No trabalho de campo foram observados blocos centimétricos a métricos, com diâmetro máximo de 3,5 metros no ponto central da extensão por onde o material movimentado percorreu. A força do fluxo foi suficiente para movimentar grande quantidade de material e escavar regiões da drenagem formando depressões, onde blocos rochosos foram assentados.

Depois dos estudos de campo foi preparado o mapa simplificado em escala de detalhe, com indicação da área afetada pelo processo perigoso e seu alcance (Figura 8). Também foi construído um perfil longitudinal com exagero horizontal do percurso deste fluxo gravitacional (Figura 9).



Figura 9 – Perfil longitudinal da drenagem com indicação da posição onde foram realizadas as descrições dos blocos movimentados.

### 5.1.2 Quedas e tombamentos

Foram observados 3 processos de queda e tombamento de blocos durante a atividade de campo.

O primeiro afloramento descrito apresenta contato geológico definido, sendo a base composta por filitos cinza escuro com foliação evidente, muito fina, contínua e marcada por planos de sericita, posicionados abaixo de camadas tabulares de conglomerados polimíticos e arenitos grossos, predominantemente quartzosos.

O grau de resistência dessas diferentes litologias frente ao intemperismo causa a erosão avançada dos filitos em relação às outras rochas. Desta forma, os blocos rochosos de conglomerados e arenitos mantem-se suspensos e perdem a resistência mecânica de apoio acarretando na desestabilização do material, que sofre processo de queda a partir da encosta íngreme.

Foram observados blocos rochosos em afloramento com a base suspensa e blocos caídos e tombados ao longo da encosta (Figura 10).

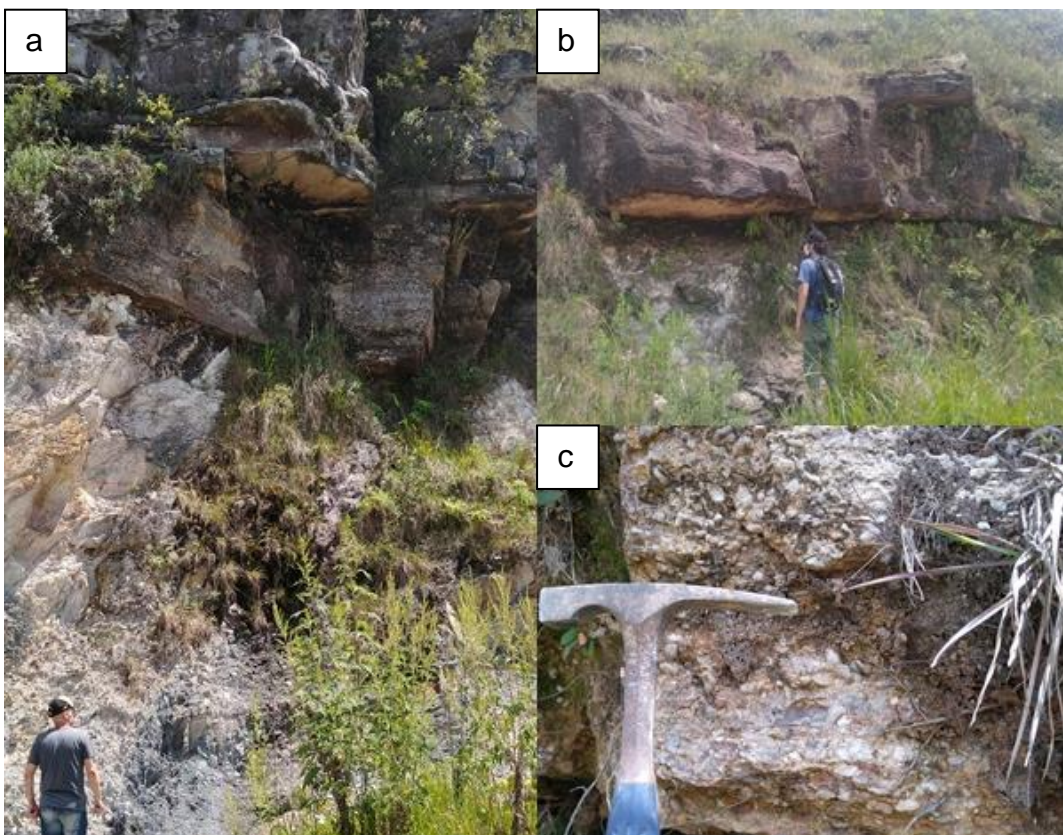


Figura 10 – a) e b) Contato geológico definido e blocos rochosos suspensos; c) detalhe do bloco rochoso movimentado.

Processos similares foram observados em outros dois locais durante a atividade de campo. O primeiro, observado a distância, com as mesmas condições geológicas do processo descrito anteriormente. Blocos de arenito suspensos pela perda de resistência mecânica causada pela erosão de filitos sotopostos. O segundo, posicionado em um corte de estrada, ao longo da BR277, caracterizado pela queda de blocos de arenitos finos em direção a via (Figura 11).

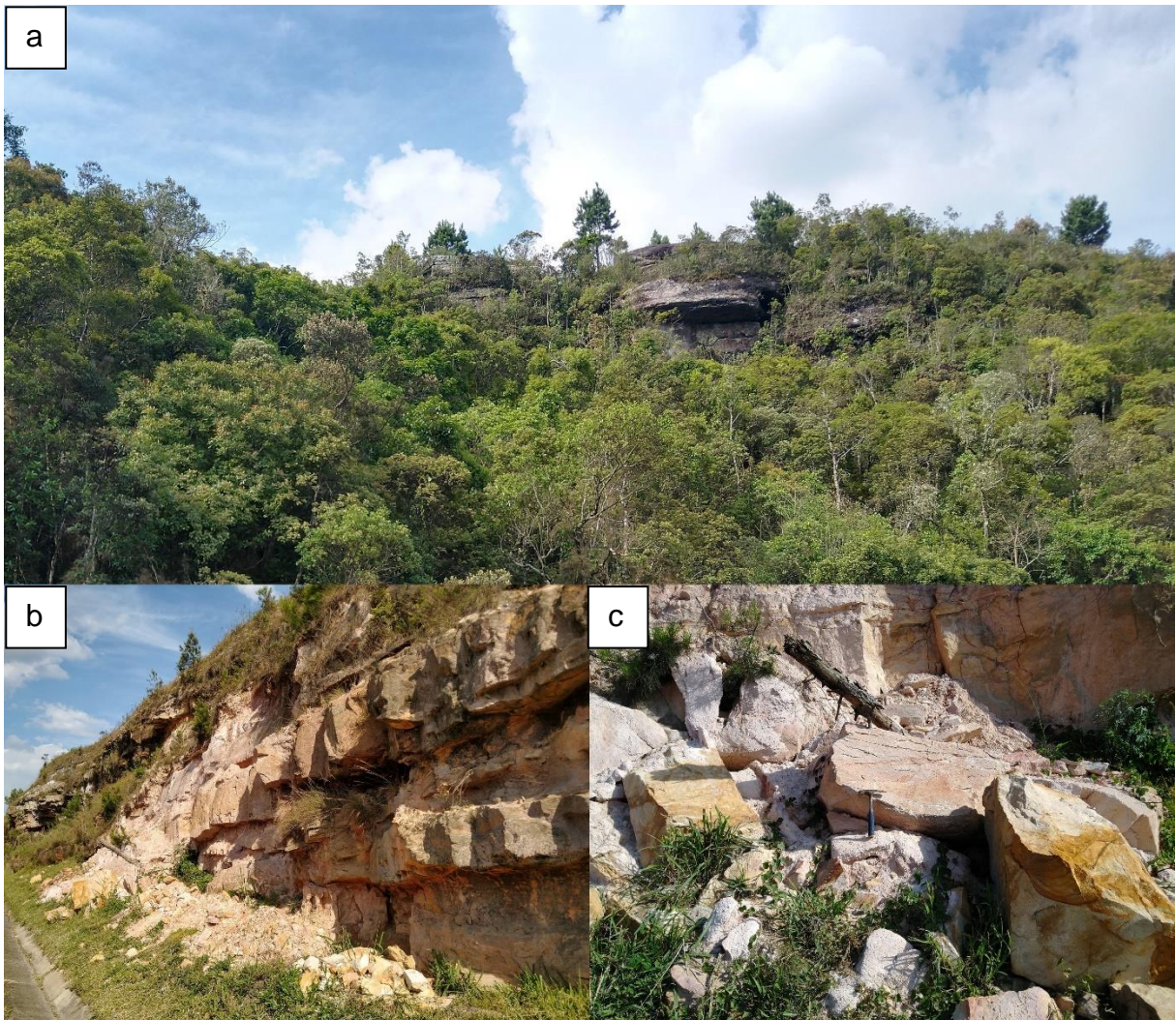


Figura 11 – a) Blocos rochosos suspensos localizados em contato geológico; b) e c) blocos caídos ao longo da BR277.

### 5.1.3 Deslizamento Translacional

Localizado ao longo da BR277, foi observado um movimento de massa gravitacional do tipo translacional raso. O afloramento foi descrito a distância por apresentar-se em local de difícil acesso e com risco devido ao tráfego.

Trata-se de um afloramento em corte de estrada no qual o deslizamento ocorreu movimentando material em direção a via. Apesar da distância pela qual o afloramento foi descrito, sabe-se que se trata de uma rocha metamórfica com foliação evidente, possivelmente um fator causador do processo, constituindo planos preferenciais para a ocorrência de deslizamentos.

Foram observados, ainda, indicadores de movimentação de massa na proximidade do afloramento descrito. Inclinação de troncos de árvores, rachaduras no pavimento e deslocamentos centimétricos nas construções da rodovia (Figura 12).



Figura 12 – a) Deslizamento translacional raso; b) deslocamento centimétrico em estrutura da rodovia; c) Árvores com troncos inclinados.

## 5.2 CARTA DE CONDIÇÕES FAVORÁVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS CONSIDERANDO DECLIVIDADE, HIPSOMETRIA E LITOLOGIA

Neste tópico serão apresentados os mapas temáticos e a carta de condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais produzidos no software Vista SAGA.

Os mapas temáticos, em escala 1:100.000, foram produzidos no formato necessário para o tratamento posterior (Figura 13). As informações devem ser apresentadas de forma simples. Cores facilmente distinguíveis e formas sem contornos possibilitam o software classificar as classes no Módulo Gerar Raster. Os mapas não podem apresentar layout tradicional com grid, escalas e legendas.

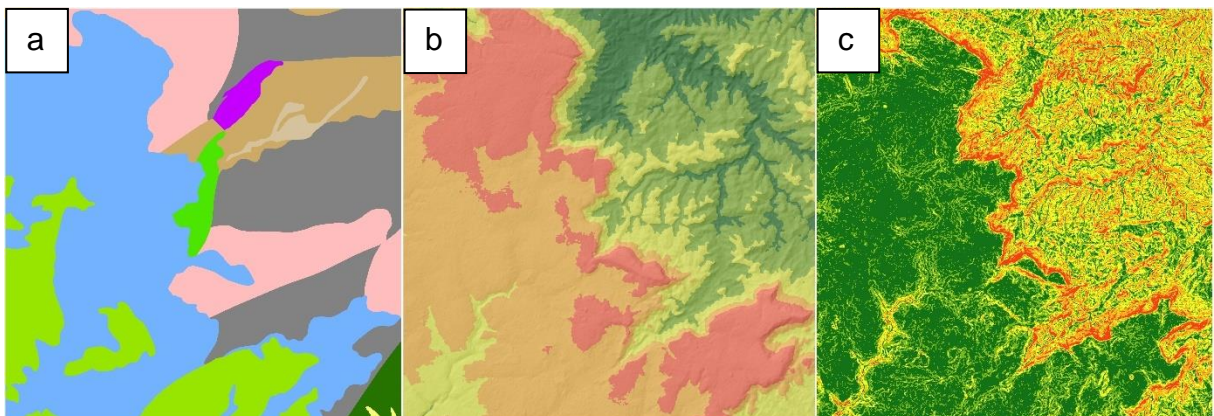


Figura 13 - a) Mapa geológico; b) Mapa hipsométrico; c) Mapa de declividade.

Nota-se, a partir dos dados obtidos em campo, uma concentração de movimentos de massa gravitacionais nas regiões aflorantes da Formação Furnas, que, de acordo com Assine (1996), é composta por arenitos quartzosos e níveis conglomeráticos e silto-argilosos na base e topo, respectivamente. Neste domínio, foram observados movimentos de massa gravitacionais do tipo queda de blocos condicionados pela perda de resistência mecânica em vertentes com declividades entre 64 e 85 graus e altimetria entre 1.085 e 1.230 metros.

Em menor proporção, foram observados processos de corrida com início próximo ao contato geológico entre a Formação Furnas e o domínio do Complexo Metamórfico Indiferenciado, composto por quartzitos finos a grossos (CPRM, 2006), em altitudes entre 998 e 1.085 metros e declividades entre 64 e 85 graus. Por último,

no domínio da Formação Capiçu composta por metassedimentos silto argilosos (CPRM, 2006), em altitudes entre 1.085 e 1.230 metros e declividade entre 48 e 64 graus, foi descrito um processo de deslizamento translacional raso.

Em síntese, foram delimitadas três classes de influência para o mapa geológico (Formação Furnas, Complexo Metamórfico Indiferenciado e Grupo Açungui), duas classes para o mapa de declividade (48° - 64° e 64° - 85°) e duas classes para o mapa de altimetria (998 – 1.085 metros e 1.085 – 1.230 metros). Essas classes receberam maior peso no tratamento dos dados para a confecção da carta de condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais (Figura 14). Os pesos estão indicados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 – Pesos atribuídos para as classes no Mapa Geológico.

Mapa Temático	Classe	Peso
Geologia	Formação Furnas	50
	Grupo Açungui – Formação Votuverava	25
	Complexo Metamórfico Indiferenciado	25

Tabela 4 - Pesos atribuídos para as classes do Mapa de Declividade.

Mapa Temático	Classe (graus)	Peso
Declividade	32 - 48	25
	48 - 64	25
	64 - 85	50

Tabela 5 - Pesos atribuídos para as classes do Mapa de Altimetria.

Mapa Temático	Classe (metros)	Peso
Altimetria	998 - 1.085	30
	1.085 - 1.230	70

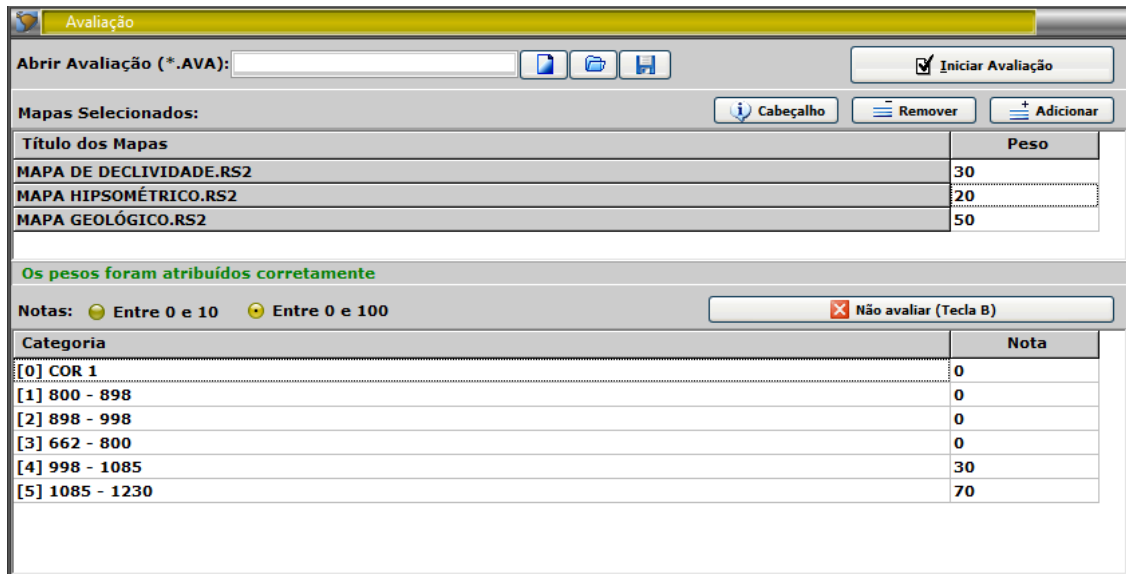


Figura 14 – Etapa de atribuição de pesos para os mapas e classes no Módulo Avaliação na interface Vista SAGA.

Com a sobreposição dos três mapas apresentados e com os pesos devidamente atribuídos, o software gerou uma carta com 30 classes de condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais (Figura 15). Por apresentar-se muito poluído e de difícil visualização, foi realizado o agrupamento das classes em 5 categorias de condições de favorabilidade para os temas considerados: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta (Figura 16).

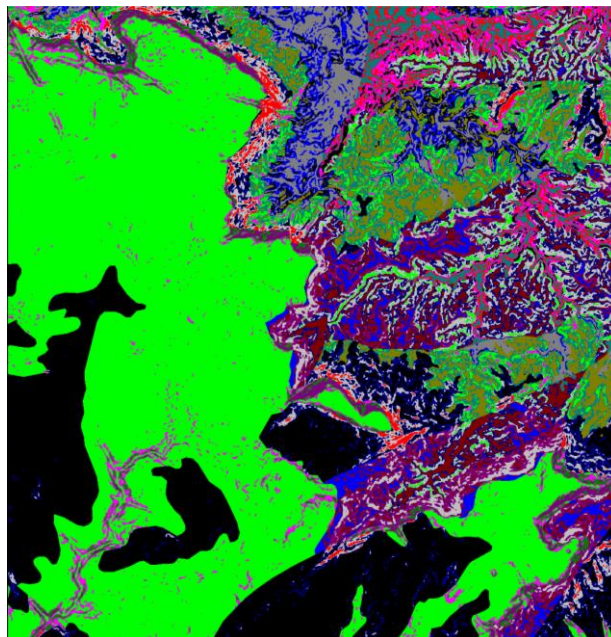


Figura 15 – Carta de condições de favorabilidade para os temas considerados gerada no Módulo Avaliação. Foram individualizadas 30 classes de favorabilidade.

SAGA/UFRJ - Sistema de Análise Geo-Ambiental  
Laboratório de Geoprocessamento  
Carta de Condições Favoráveis à Movimentos de Massa Gravitacionais - Guilherme Machado do Valle

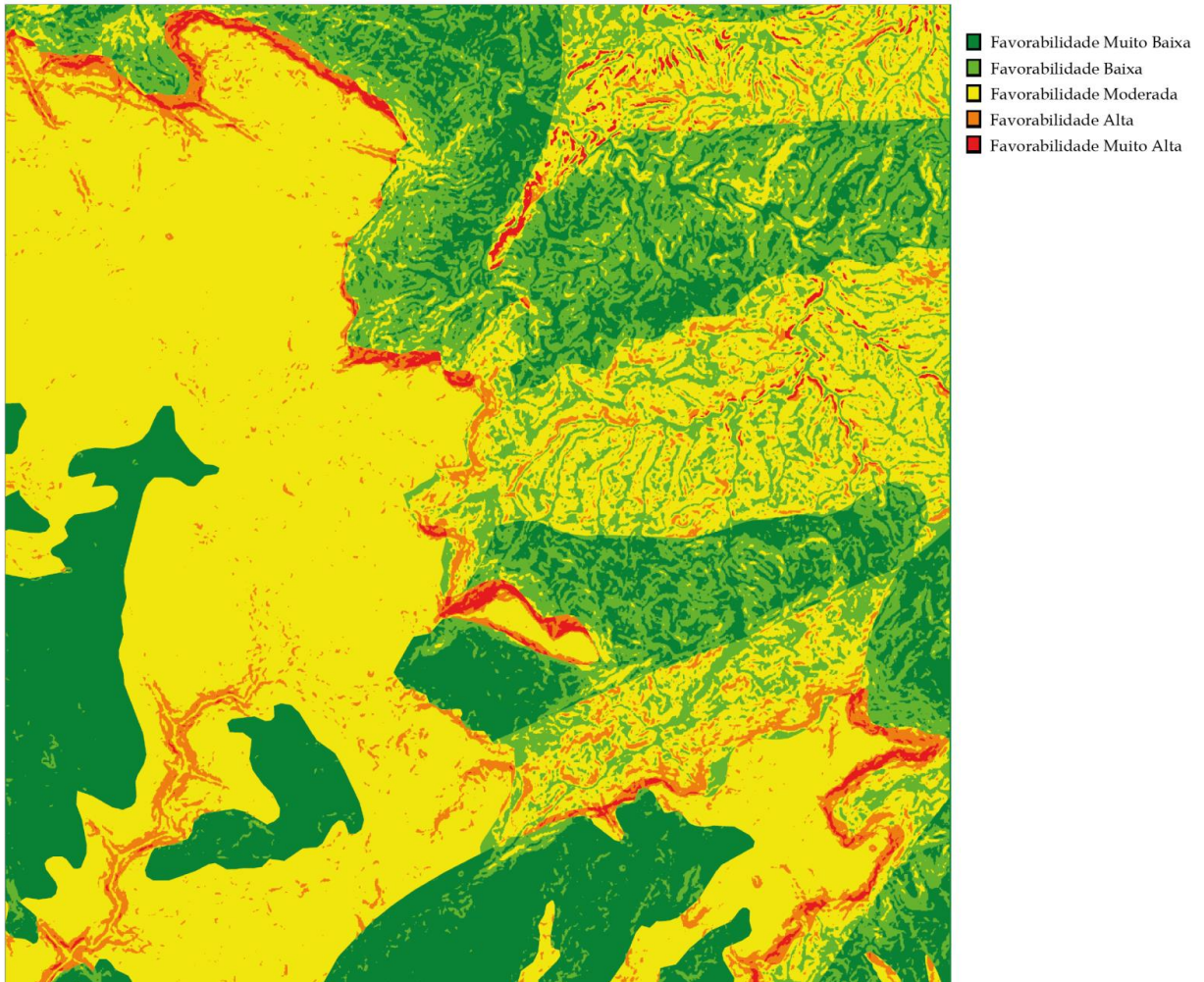


Figura 16 - Carta de condições de favorabilidade à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais na área de estudo.

Nota-se que a área de estudo está, predominantemente, em uma região de favorabilidade moderada à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e em seguida, à favorabilidade muito baixa.

A concentração de áreas em condições de favorabilidade muito baixa deve-se ao fato de que foi atribuído um peso maior ao mapa geológico e, desta forma, unidades geológicas as quais não foram registrados movimentos de massa gravitacionais são, em sua maioria, delimitadas como regiões com baixa predisposição a ocorrência desses processos. Mais precisamente, as regiões onde afloram as rochas da Formação Água Clara, Formação Camarinha, Grupo Itararé, Complexo Gnáissico Migmatítico e Suíte Sienogranitos apresentam favorabilidade

moderada apenas nas localidades específicas onde se sobrepõem declividade e altimetria muito favoráveis aos processos perigosos.

As regiões classificadas como moderadamente favoráveis a ocorrência de movimentos de massa são, principalmente, as regiões onde afloram as rochas da Formação Furnas, do Grupo Açungui e do Complexo Metamórfico Indiferenciado em condições geomorfológicas moderadamente suscetíveis ao desencadeamento desses processos. Nota-se que a Formação Furnas é a que apresenta maior peso entre todas as classes analisadas, porém encontra-se, em sua maioria, em regiões onde a favorabilidade não é alta ou muito alta. Isto deve-se ao fato de que no Segundo Planalto Paranaense o relevo é caracterizado por uma topografia suavemente ondulada com feições de topos aplainados e declives suaves, diminuindo então a influência da carta de declividade nestas regiões.

A importância da confecção de cartas de favorabilidade a desastres é a delimitação das áreas de maior risco. Como esperado, essas estão concentradas na estrutura de escarpamento presente na área de estudo e, em menor proporção, no relevo mais acidentado do Primeiro Planalto Paranaense. As regiões em vermelho apresentam favorabilidade muito alta por tratar-se de localidades onde se sobrepõem as classes de geologia, declividade e altimetria com os maiores pesos atribuídos.

A Tabela 6 apresenta uma síntese das informações referentes as classes de favorabilidade delimitadas na carta produzida.

Tabela 6 - Síntese das informações referentes as classes de favorabilidade.

FAVORABILIDADE	CARACTERÍSTICAS
Muito Alta	Principalmente no escarpamento da Formação Furnas, mas, também, nas regiões mais acidentadas no Primeiro Planalto Paranaense caracterizados por declividades entre 64 - 85°.
Alta	Tanto no Primeiro quanto no Segundo Planalto Paranaense. Associada as rochas da Formação Furnas, do Grupo Açungui e do Complexo Metamórfico Indiferenciado em declividades das classes 48 - 64° e 64 - 85°.
Moderada	Tanto no Primeiro quanto no Segundo Planalto Paranaense. Principalmente Formação Furnas, Grupo Açungui e Complexo Metamórfico Indiferenciado nas declividades entre 32 - 48°. Em menor proporção Formação Água Clara e Formação Camarinha nas declividades entre 64 - 85°.
Baixa	Principalmente no Primeiro Planalto Paranaense nas regiões onde afloram as rochas da Formação Água Clara, Formação Camarinha, Grupo Itararé, Complexo Gnáissico Migmatítico e Suíte Sienogranitos em declividades nas classes 32 - 48° e 48 - 64°.
Muito Baixa	Tanto no Primeiro quanto no Segundo Planalto Paranaense nos terrenos onde afloram as rochas da Formação Água Clara, Formação Camarinha, Grupo Itararé, Complexo Gnáissico Migmatítico e Suíte Sienogranitos em regiões de declividades inferiores a 32°.

### 5.3 ALTERNATIVAS DE ENFRENTAMENTO

Para o enfrentamento de processos perigosos, Lima (2000) propõe dois tipos de ações a serem realizadas: Alternativas estruturais e naturais.

As alternativas estruturais são aquelas que exigem obras especiais para o controle dos processos perigosos e são, geralmente, executadas por iniciativa do poder público. Pode-se citar como alternativas a construção de muros de contenção, ancoragens rochosas ou outros tipos de ancoragem para a estabilização de vertentes e sistemas de drenagens. Optando pelas alternativas estruturais de enfrentamento, o empreendedor é responsável pela compensação de prejuízos e riscos provocados pelo empreendimento.

As alternativas naturais correspondem as alternativas que não exigem obras especiais para o enfretamento dos processos perigosos. Normalmente são mais seguras e mais econômicas a longo e médio prazos. Consistem em ações com o objetivo de evitar a ocupação de áreas de risco ou adaptar a ocupação aos processos geológicos perigosos. Sobretudo, é sempre necessário a conscientização da comunidade frente aos riscos e a preparação da população para responder às situações de emergências.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como produto deste trabalho, obteve-se a caracterização da tipologia e uma carta de condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais considerando os fatores geológicos, hipsométricos e de declividade da área de estudo.

Movimentos de massa gravitacionais do tipo quedas e tombamentos são os mais frequentes e estão predominantemente associados as rochas areníticas e conglomeráticas da Formação Furnas em áreas de declividade no intervalo de 64 - 85°. Em menor proporção, corridas e deslizamentos ocorrem relacionadas as rochas do Complexo Metamórfico Indiferenciado em declividades entre 64 - 85° e do Grupo Açungui em declividades entre 48 - 64°, respectivamente.

A área de estudo foi classificada em cinco classes distintas de forma a delimitar as regiões de condições de favorabilidade muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta.

Notou-se que a região está predominantemente no domínio de condições de favorabilidade moderadas que, por sua vez, estão associadas as rochas da Formação Furnas, do Grupo Açungui e do Complexo Metamórfico Indiferenciado em áreas de declividades entre 32 - 48°. Em menor proporção, estão associadas a Formação Água Clara e Formação Camarinha nas declividades entre 64 - 85°.

As áreas de favorabilidade muito baixa estão associadas as regiões onde afloram domínios geológicos aos quais não foram registrados processos perigosos em declividades inferiores a 32°. Dentro desses domínios, em localidades onde a declividade encontra-se dentro dos intervalos 32 - 48° e 48 - 64°, foram classificadas como áreas de favorabilidade baixa.

As áreas de favorabilidade alta estão dispostas tanto no Primeiro quanto no Segundo Planalto Paranaense e estão associadas as rochas aflorantes da

Formação Furnas, do Grupo Açungui e Complexo Metamórfico Indiferenciado em declividades entre os intervalos 48 - 64° e 64 - 85°.

As áreas de favorabilidade muito alta compreendem, principalmente, as regiões aflorantes da Formação Furnas posicionadas nas vertentes escarpadas. Em menor proporção, estão concentradas nas regiões do Primeiro Planalto em declividades entre 64 - 85°.

A carta gerada para a discussão deste trabalho apresenta dados relacionados a geologia, hipsometria e declividade e foi produzida na escala 1:100.000, obtendo resultados significativos na delimitação de regiões onde as condições favoráveis a movimentos de massa gravitacionais são altas ou baixas. No entanto, outros aspectos devem ser considerados para a realização de um estudo de suscetibilidade e torna-se necessária a realização de mapeamentos em escalas de maior detalhe para o uso destas informações para o planejamento territorial.

Recomenda-se a aplicação de alternativas de enfretamento estruturais, principalmente ao longo das rodovias pelas quais foram observados movimentos de massa gravitacionais e a ação social de conscientização e preparação da comunidade frente aos processos perigosos na região da escarpa, que é uma área de instabilidade potencial que deve ser preservada.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. H. M. C. **Integração de dados espaciais para elaboração de mapas de risco de deslizamentos de encosta**. 2014. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnológicas da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco. Recife (PE), 2014.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C.; MILANI, E. J. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.24, p77-89. 1994.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: **Conferência brasileira sobre estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. p. 721-733.
- BIGARELLA J.J., SALAMUNI R., MARQUES P.L.P. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da UFPR (Geologia)**, Curitiba, v 18, p01-114. 1966.
- BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.
- BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; HERRMANN, M. L. P.; SANTOS, G. F.; MENDONCA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Vol. III**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Estudos preliminares na Série Açungui VIII–A Formação Votuverava. **Boletim do Instituto de História Natural**, Curitiba, v. 2, p. 1-6, 1958.
- CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da serra do mar. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 8-11, p. 9-20, jan./jun. 1990.
- FIORI, A. P.; GASPAR, L. A. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, sul do Brasil. **Boletim IG-USP. Série Científica**, v. 24, p. 1-19. 1993.
- GUIMARÃES, F. R. Um novo olhar sobre o objeto da pesquisa em face da abordagem interdisciplinar. In: FERNANDES, A; GUIMARÃES, F. R.; BRASILEIRO, M. C. E. (Org.). **O fio que une a pedras: a pesquisa interdisciplinar na pós-graduação**. São Paulo: Biruta, 2000. p.13-25.
- HIGHLAND, L. M. e BOBROWSKY, P. **The landslide handbook — A guide to understanding landslides**. Virginia, U.S: Geological Survey Circular 1325, 2008.
- IPT. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e Vulnerabilidade socioambiental nas três principais regiões metropolitanas da Macrometrópole Paulista: uma análise de indicadores socioambientais**

**Ambiente & Sociedade.** Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil; São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2014.

LIMA, R.E. Riscos Geológicos. In: Lima, R.E. e Negrelle, R.B. (orgs). **Meio Ambiente e Desenvolvimento no Litoral do Paraná: DIAGNÓSTICO.** Curitiba: Ed. UFPR. 1998. p. 185-191.

MELO, M. S. *et al.* Relevo e hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná.** Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. p.49-58.

MINEROPAR. **Atlas geológico do Estado do Paraná.** Curitiba: Mineropar, v. 1, 2001.

MINISTERIO DAS CIDADES. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. T. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MONTGOMERY, C.W. **Environmental geology.** 3ª ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1992.

MORO, R. P. X. Propostas de origem, evolução e contexto da Bacia da Formação Camarinha – transição Neoproterozóico - Eocambriano do Estado do Paraná. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NORTHFLEET A. A.; MEDEIROS R. A.; MÜHLMANN H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. **Boletim Técnico da Petrobrás,** Brasil, v.12; p291-346. 1969.

PETRI S. 1948. Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. **Boletim DNPM/DGM,** Rio de Janeiro, v. 129,125p. 1948

RECKZIEGEL, E.W. **Identificação e Mapeamento das áreas com perigo de movimento de massa no Município de Porto Alegre, RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2012.

SANFORD, R. M.; LANGE, F. W. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, south Brazil. **American Association of Petroleum Geologists,** Rio de Janeiro, v. 44, p1316-1370. 1960.

SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.K.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: **Congresso Brasileiro De Geologia,** 28, Porto Alegre. Anais, Porto Alegre, SBG. v.1., p. 41-65. 1974.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL CPRM. Manual de mapeamento de perigo e riscos a movimentos gravitacionais de massa. **Projeto de Fortalecimento da**

**Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES).** Rio de Janeiro: CPRM. 2018. 212 p.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA, A. P. O Escarpamento Estrutural Furnas, SP/PR - Raro sítio geomorfológico brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.** Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. p. 299-306.

TOMINAGA, L. K. Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP. 2007. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

VANACÔR, R.N.; ROLIM, S.B.A. Mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos usando técnicas de estatística bivariada e sistema de informações geográficas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.1, p.15-28, 2012.

VARNES, D. J. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. **Commission on landslides of the IAEG.** UNESCO, Natural Hazards No. 3, p.1 - 61. 1984.

VARNES, D.J. Slope movements: types and processes. In: SCHUSTER, R.L.; KRIZEK, R.J. **Landslide analysis and control.** Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington. 1978. p. 11-33.

ZUQUETTE L. V. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. 1993. 256f. 2v. Tese (Livre Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

ZUQUETTE, L.V. **Riscos, Desastres e eventos naturais perigosos.** 1a. Edição. Rio de Janeiro: Elsevier. v.2. 2018.

## **ANEXO 1 – CARTA DE CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS**

SAGA/UFRJ - Sistema de Análise Geo-Ambiental  
Laboratório de Geoprocessamento

Carta de Condições Favoráveis à Movimentos de Massa Gravitacionais - Guilherme Machado do Valle

