



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
CAMPUS MONTE CARMELO

ROBSON EDUARDO DE SOUZA

SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS
NA ZONA URBANA DE ESTRELA DO SUL, MINAS GERAIS

Monte Carmelo, MG
Julho/2023

ROBSON EDUARDO DE SOUZA

**SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS
NA ZONA URBANA DE ESTRELA DO SUL, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Geologia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Profª Drª Liliane Ibrahim

**Monte Carmelo, MG
Julho/2023**

ROBSON EDUARDO DE SOUZA

**SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS
NA ZONA URBANA DE ESTRELA DO SUL, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Geologia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Banca de Avaliação

**Prof.^a Dr.^a Liliane Ibrahim
Orientadora**

**Prof. Dr. Alan Silveira
Membro da Banca**

**Geólogo Ronaldo Malheiros Figueira
Membro da Banca**

Monte Carmelo (MG), ____ de julho de 2023

*“O tempo somente é porque algo acontece, e
onde algo acontece o tempo está.”*

(Milton Santos)

AGRADECIMENTOS

À minha família por ter se dedicado de modos inimagináveis ao longo dos anos. À minha mãe pelo apoio incondicional durante toda minha vida. Agradeço por ser meu maior exemplo de integridade.

À minha orientadora, Prof^a Liliane Ibrahim, por me oferecer apoio durante a realização do presente trabalho. Não tenho palavras suficientes para agradecer.

Aos meus amigos pelo companheirismo desde o início da graduação. Vocês foram minha base. A universidade não é um lugar fácil de conviver, mas ao ver o sucesso de vocês me sinto realizado por completo.

Agradeço especialmente aos meus amigos: André, Ester, Gabriela Maciel, Jady, Lívia, Lucas, Patrícia Reis, Patrícia Souza e Rômulo.

Aos meus professores do ensino regular e da graduação que de alguma forma me influenciaram em diversas áreas do conhecimento e que me tornaram o que eu sou atualmente.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. William Souza e à Prof.^a Marília. Vocês me ensinaram mais do que imaginam.

À Paulo José, coordenador da Defesa Civil de Estrela do Sul (MG), pelo apoio e colaboração durante as atividades de campo.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Prof. Alan Silveira e Geólogo Ronaldo Malheiros, por contribuírem para a melhoria deste trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

A compreensão das necessidades da população urbana exposta ao risco de desastres naturais é fundamental para a implementação de medidas eficazes de mitigação e recuperação. Em todo o mundo, estes eventos causam problemas de ordem social, econômica e natural quando atingem regiões urbanizadas ambientalmente frágeis, onde a população de baixa renda geralmente é a mais atingida, o que aumenta a demanda por estudos geológico-geotécnicos. Nesta perspectiva, o presente trabalho propõe uma setorização de riscos com enfoque nos movimentos de massa e nos processos hidrológicos na cidade de Estrela do Sul. A setorização de risco foi realizada em escala que variou entre 1:1.000 e 1:2.000, ocorrendo exclusivamente regiões habitadas. A setorização das áreas de interesse considerou uma sequência metodológica que envolveu pesquisa bibliográfica, preparação de base cartográfica, tratamento dos dados cartográficos, trabalhos de campo, interpretações posteriores, produção de mapas e desenvolvimento da monografia. A partir disso, foram classificados treze setores de risco, sendo seis relacionados a riscos alto a muito alto e sete de risco médio, passíveis de monitoramento constante. Observou-se que os processos hidrológicos são dominantes na zona urbana em virtude da proximidade das residências em relação ao rio Bagagem e seus afluentes, assim como a ausência de medidas que visam o monitoramento ou a mitigação das áreas de risco avaliadas. Poucos setores foram caracterizados quanto a possibilidade de ocorrência de acidentes relacionados aos movimentos de massa e, aparentemente, estão relacionados à instalação de cortes e aterros sem nenhum tipo de orientação técnica. Este estudo retrata a situação atual dessas localidades, contudo há a necessidade de uma continuidade dos trabalhos, tendo em vista que os processos geológicos e a interação humana com o meio se alteram constantemente.

Palavras-chave: Processos Hidrológicos. Movimentos de massa. Setorização de Riscos. Geotecnia.

ABSTRACT

The comprehension of the needs of the urban population exposed to the risk of natural disasters is paramount for the implementation of effective mitigation and recovery measures. Globally, these events pose social, economic, and natural problems when they impact environmentally fragile urbanized regions, where the low-income population is often the most affected, thereby increasing the demand for geological-geotechnical studies. In this perspective, the present work proposes a risk zoning with a focus on mass movements and hydrological processes in the city of Estrela do Sul. The risk zoning was carried out on a scale ranging from 1:1,000 to 1:2,000, exclusively covering inhabited regions. The zoning of areas of interest considered a methodological sequence involving literature research, preparation of cartographic base, cartographic data processing, fieldwork, subsequent interpretations, map production, and monograph development. Thirteen risk sectors were classified, six of which were related to high to very high risks, and seven were of medium risk, subject to constant monitoring. It was observed that hydrological processes dominate the urban zone due to the proximity of residences to the Bagagem River and its tributaries, as well as the absence of measures aimed at monitoring or mitigating the assessed risk areas. Few sectors were characterized regarding the possibility of accidents related to mass movements, and apparently, these are associated with the implementation of cuts and embankments without any technical guidance. This study portrays the current situation of these locations; however, there is a need for continuity in the work, considering that geological processes and human interaction with the environment are constantly changing.

Keywords: Hydrological Processes. Mass Movements. Risk Zoning. Geotechnics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos desastres com base na intensidade do evento.....	20
Quadro 2: Principais classificações dos movimentos de massa em encostas.	28
Quadro 3: Ficha para o cadastramento dos setores que envolvem riscos associados a processos hidrológicos.	43
Quadro 4: Classificação do grau de probabilidade para a ocorrência de movimentos de massa, partindo do baixo risco ao risco muito alto.	45
Quadro 5: Classificação dos graus de risco a processos hídricos.	46
Quadro 6: Relação dos setores de risco geológico e hidrológicos amostrados na zona urbana de Estrela do Sul (MG).	49

LISTA DE PRANCHAS

PRANCHA 1: Setor MG-ES-SR-01	85
PRANCHA 2: Setor MG-ES-SR-02	86
PRANCHA 3: Setor MG-ES-SR-03	87
PRANCHA 4: Setor MG-ES-SR-04	88
PRANCHA 5: Setor MG-ES-SR-05	89
PRANCHA 6: Setor MG-ES-SR-06	90
PRANCHA 7: Setor MG-ES-SR-07	91
PRANCHA 8: Setor MG-ES-SR-08	92
PRANCHA 9: Setor MG-ES-SR-09	93
PRANCHA 10: Setor MG-ES-SR-10	94
PRANCHA 11: Setor MG-ES-SR-11	95
PRANCHA 12: Setor MG-ES-SR-13	96
PRANCHA 13: Setor MG-ES-SR-13	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Registros fotográficos de enchente ocorrida em 17 de janeiro de 2016.	16
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.	18
Figura 3: Distribuição dos principais desastres naturais por continente, entre 1900 – 2006. IN – Inundação e ES – Escorregamento.	19
Figura 4: Esquema com os elementos necessários para a identificação de áreas de risco.	21
Figura 5: Desenho esquemático ilustra as transformações nas encostas naturais que resultam em taludes de corte e taludes de aterro.	23
Figura 6: Cenário esquemático que diferencia os diferentes raios de atuação de enchentes, inundações e alagamentos.	25
Figura 7: Leitos de um rio num contexto urbanizado.	26
Figura 8: Comparação entre inundações bruscas e graduais.	26
Figura 9: A. Desenho esquemático representando solapamento de margem associado a contextos de inundação, onde ocorre submersão do solo. B. Esquema ilustra solapamento de margem, causando erosão basal e queda de material superior.	28
Figura 10: Situação de um escorregamento rotacional.	30
Figura 11: Funcionamento de um escorregamento planar e seus impactos.	30
Figura 12: Mecanismo de um escorregamento em cunha.	31
Figura 13: Cenário típico de corridas de massa e seus impactos.	32
Figura 14: Queda de blocos e os impactos que podem gerar quando próximo a residências.	32
Figura 15: Cenário suscetível para a ocorrência de rolamento de blocos.	33
Figura 16: Esquema demonstrando movimento por rastejo.	34
Figura 17: Fluxograma simplificado das atividades desenvolvidas ao longo do trabalho.	36
Figura 18: Fluxograma com as principais etapas e arquivos necessários para a criação dos produtos.	37
Figura 19: Interface do programa Google Earth Pro com enfoque na área de estudo. O retângulo vermelho na porção superior indica as ferramentas “Adicionar marcador”, “Adicionar polígono” e “Adicionar caminhos”, respectivamente da esquerda para a direita.	38
Figura 20: Exemplo de vetorização de feições ou áreas de interesse. As imagens foram utilizadas como materiais de apoio nas atividades de campo.	39
Figura 21: Ficha cadastral para taludes de solo.	41
Figura 22: Ficha cadastral para taludes rochosos.	42
Figura 23: Modelo de prancha de setorização de áreas de risco.	44
Figura 24: Mapa geológico da região de Estrela do Sul.	47
Figura 25: A. Residências irregulares estrangulam a drenagem. B. Muro de contenção ao lado da moradia. C. Imóveis construídos a poucos metros do córrego. D. Bueiro construído para conter os alagamentos recorrentes no setor. E. e F. Presença de lixo e entulho dentro do corpo d’água.	51
Figura 26: A. Vista do rio Bagagem a partir de um empreendimento localizado no setor. B. Encanamento de esgoto em contato direto com a drenagem.	53
Figura 27: A. Residência a pouco metros do curso d’água. B. Vista de moradia sujeita à influência da subida do nível d’água. C. Contexto paisagístico das margens do rio Bagagem. D. Nota-se a ausência de barreiras de contenção e o contato direto dos quintais com o curso d’água.	54
Figura 28: A. Vista de residência localizada a 4 metros da drenagem. B. Vista do leito do rio Bagagem.	55

Figura 29: A. Talude de corte inclinado com evidência de materiais movimentados em direção à moradia. B. Presença de bananeiras na média encosta. C. Nota-se a pequena distância entre o domicílio e o talude. D. Visão lateral do talude de corte. E. e F. Caracterização da paisagem ao redor. Algumas porções possuem tubulação de água expostos em contato com os taludes (traçado amarelo).....	56
Figura 30: A. Visão do talude próximo aos domicílios. B. Notar a altura do talude de corte. C. Talude próximo a moradia. Percebe-se a continuidade do corte nessa área. D. Vista do talude a partir da rua.....	57
Figura 31: A. Vista do leito do rio Bagagem B. Vista parcial do Balneário Dona Beja. C. Rio Bagagem e a ponte construída posteriormente ao desastre. D. Vista do rio Bagagem.	58
Figura 32: A. Moradia localizada a poucos metros da drenagem. B. Quintal da residência: a água do rio alcança essas porções durante chuvas volumosas.	59
Figura 33: A. Solapamento do margens do rio Bagagem com residências construídas próximas dessas feições. B. Vista da planície de inundação do rio.	60
Figura 34: A. Visão geral do morrote sustentado por granitos. B. Posição do morrote em relação às moradias localizadas na altura da avenida. C. Inclinação da encosta natural e sua proximidade aos domicílios. D. Vista das porções mais elevadas do morrote. E. Presença de grandes blocos graníticos soltos ou imersos em camada de solo. F. Granito fraturado aflora na vertente.	61
Figura 35: A. Talude de aterro fora dos padrões de segurança. B. Talude próximo a moradia e tubulações de abastecimento expostos. C. Superfície do terreno encontra-se irregular e com encanamentos com potencial para saturar os solos.	62
Figura 36: A. Imóveis construídos em local inadequado. B. A separação entre os terrenos pode representar um local de percolação e infiltração de água. C. Vê-se vãos existentes entre os domicílios, o que denota a falta de coordenação pública durante as construções. D. e E. Talude construído a partir de saprólito de xisto. F. Solo em terreno inclinado sustentando as casas acima.....	63
Figura 37: A. Escadaria utilizada como acesso à igreja. B. Presença de trincas na escadaria. C. Árvores inclinada na encosta. D. A encosta é dominada por árvores de grande porte, parte delas com algum grau de inclinação. E. Moradia na margem da encosta.	64
Figura 38: A. Nota-se a presença de lagoas que remetem a antigas áreas de exploração diamantífera. B. Visão do padrão urbano e hidrográfico em uma porção da cidade de Estrela do Sul na qual percorre o rio Bagagem.	67
Figura 39: Imagens de satélite demonstram as variações temporais (2012 - 2022) da ocupação desordenada no setor MG-ES-SR-09. Também é possível observar as condições da paisagem em 2012, onde nota-se a ausência de moradias e a presença de feições de solapamento instalados.	68
Figura 40: Imagens de satélite demonstram a ocupação das margens (indicação em amarelo) da drenagem de 2011 a 2023. Quando comparados os anos de 2012 e 2023, nota-se que os imóveis já estavam irregulares.	69
Figura 41: A. Fotografia de talude situado no setor MG_ES_SR_05. B. Visão geral de outra moradia do setor. Nota-se no centro da foto a altura do talude em relação à residência ainda em 2012.	70
Figura 42: A. e B. Vista de taludes de corte muito próximos a residências no setor MG_ES_SR_06.	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Justificativa	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Localização da área e acessos	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Conceitos e definições sobre risco geológico-geotécnico	18
2.2. Processos Hidrológicos	23
2.3. Movimentos de massa	28
2.4. Fatores Condicionantes dos processos hidrológicos e movimentos de massa	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1. Etapa Preliminar	36
3.1.1. Levantamento Bibliográfico	36
3.1.2. Contato com a Defesa Civil Municipal	37
3.1.3. Pré-Setorização	37
3.1.3.1. Processamento de dados cartográficos	37
3.1.3.2. Fotointerpretação	38
3.2. Levantamento de Campo e Setorização	39
3.2.1. Fichas de avaliação de campo	40
3.2.1.1. Análise dos movimentos de massa em solo e rocha	40
3.2.1.2. Análise dos Processos Hidrológicos	42
3.3. Delimitação das áreas de risco	44
3.4. Determinação dos graus de risco	44
3.5. Desenvolvimento da Monografia	46
4. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS GERAIS	46
4.1. Geologia Regional	46
4.2. Clima	48
4.3. Hidrografia	48
4.4. Geomorfologia	48
4.5. Cobertura pedológica	49
4.6. Vegetação	49
5. RESULTADOS	49
5.1. Caracterização dos setores de risco alto associados a processos hidrológicos ...	50
5.1.1. Setor MG_ES_SR_01	50
5.1.2. Setor MG_ES_SR_02	52

5.1.3.	Setor MG_ES_SR_03	53
5.1.4.	Setor MG_ES_SR_04	54
5.2.	Caracterização dos setores de risco alto e muito alto associados a movimentos de massa 55	
5.2.1.	Setor MG_ES_SR_05	55
5.2.2.	Setor MG_ES_SR_06	56
5.3.	Caracterização de áreas passíveis de monitoramento: setores de risco médio ..57	
5.3.1.	Setor MG_ES_SR_07	58
5.3.2.	Setor MG_ES_SR_08	59
5.3.3.	Setor MG_ES_SR_09	59
5.3.4.	Setor MG_ES_SR_10	60
5.3.5.	Setor MG_ES_SR_11	61
5.3.6.	Setor MG_ES_SR_12	62
5.3.7.	Setor MG_ES_SR_13	63
6.	DISCUSSÃO	65
6.1.	Processos Hidrológicos	66
6.2.	Movimentos de massa	69
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS I	79
	ANEXOS II	84
	ANEXOS III	98

1. INTRODUÇÃO

Os processos hidrológicos (inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos) e os movimentos de massa (escorregamentos, fluxos de massa, queda de blocos, rastejo, entre outros) são eventos recorrentes em diversas regiões da superfície terrestre e estão associados a questões antrópicas, geológicas ou climáticas. Os riscos geológicos e hidrológicos não são restritos às cidades, deste modo quando existe a possibilidade destes eventos ocorrerem em determinada localidade gerando danos sociais e/ou econômicos, são estabelecidas as áreas de risco (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

A urbanização desordenada, associada à alta densidade populacional e a desigualdade social, leva ao crescente aumento da ocupação de áreas ambientalmente frágeis e sujeitas à algum tipo de risco (Mirandola; Macedo, 2014). Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), em 2015, cerca de 84,72% dos brasileiros viviam em áreas urbanas, contra 15,28% nas áreas rurais (IBGE/PNAD, 2015), o que demonstra a necessidade de medidas preventivas para a mitigação dos impactos gerados por desastres socioambientais cada vez mais frequentes.

As sucessivas mudanças demográficas no planeta impulsionaram a intensificação da urbanização, principalmente após a 1ª Revolução Industrial. De acordo com Mays et al. (2008), no século XVIII o êxodo rural inglês foi impulsionado pelo surgimento das primeiras cadeias industriais, que alteraram a velocidade de transformação do solo e da sociedade para acomodar os novos componentes da força de trabalho. Esse processo também ocorreu nas principais potências econômicas da época. No entanto, o Brasil, sendo uma nação predominantemente agrícola, iniciou o processo de industrialização no final do século XIX, com o desenvolvimento da economia cafeeira, o que permitiu investimentos significativos no setor industrial pela primeira vez utilizando-se das receitas obtidas com a exportação desse produto e que foram fundamentais para a modernização da economia (Hees, 2011).

Catalão, Magrini e Lindo (2019) descrevem o capitalismo como um modelo econômico que reflete suas desigualdades também no âmbito da urbanização, destacando-se desde o período pré-colonial, a má distribuição de terras, até o contexto atual, onde a elite financeira se interpõe ao Estado, reforçando essas disparidades sociais relacionadas à posse do território urbano.

Para se ter uma melhor noção da dinâmica demográfica brasileira a partir da década de 1950, é essencial considerar o significativo crescimento urbano-industrial no país, o qual foi acompanhado por um expressivo êxodo rural. Essa transição rompeu com os padrões

demográficos previamente estabelecidos, caracterizados pela predominância da ocupação rural naquela época. A partir disso, no espaço urbano foram intensificadas, de modo concomitante, as transformações naturais e antrópicas, tendo em vista que se trata de um sistema muito interconectado (Camarano; Abramovay, 1999).

Dados do CRED (da sigla em inglês Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres) indicaram que em 2022 o Brasil esteve entre os 10 países mais impactados por desastres naturais diversos, assim como registrou um dos números de vítimas fatais mais elevados em todo o mundo. (EM-DAT, 2022). Tais dados reforçam o forte impacto que os desastres naturais adicionam à população brasileira. Essa problemática é acompanhada do fato de que o planejamento público muitas vezes não considera a avaliação de áreas frágeis a inundações e aos movimentos de massa no cenário urbano. Além disso, as desigualdades sociais dentro das cidades afetam principalmente as populações com menor poder aquisitivo que, em geral, ocupam as áreas com menor infraestrutura (Tucci, 2008; Parkinson et al., 2003).

Em janeiro de 2011, os municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, no Rio de Janeiro, foram afetados por uma das maiores tragédias naturais do Brasil. De acordo com Banco Mundial (2012), as intensas chuvas de verão, somadas às condições geomorfológicas, geológicas e de ocupação territorial, provocaram cerca de 918 mortos, 30 mil desalojados e 99 vítimas desaparecidas até os dias de hoje. Movimentos de massa e outros processos hidrológicos intensos se deram como resultado de volumes anormais de chuva na Serra do Mar que, em poucas horas teriam desencadeado a saturação dos solos e, por fim, sua instabilidade.

A ocupação desordenada e inadequada nas regiões serranas quando associadas à letargia do poder público em criar políticas eficientes de mitigação desses eventos, promovem sua continuidade. Em fevereiro de 2022, 11 anos depois, uma mesma catástrofe se repetiu no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, ceifando a vida de mais de 230 pessoas, além de deixar outras centenas feridas ou desabrigadas (Gandra, 2022).

Em resposta aos eventos naturais que ocorreram no Rio de Janeiro, foi criada a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), com a motivação de monitorar os riscos associados a desastres naturais por todo o Brasil, através de políticas públicas de “prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil” (Brasil, 2012). Embora não tenha havido investimentos suficientes para colocar essas atribuições em prática nos últimos anos, é de responsabilidade da União garantir para todos os estados e municípios brasileiros condições técnicas para o mapeamento de áreas de risco. Essas análises buscam, entre distintos termos, avaliar a suscetibilidade, a vulnerabilidade e as ameaças existentes.

De acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil é competência da União:

III - promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência;

IV - apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;

V - instituir e manter sistema de informações e monitoramento de desastres;

[...]

VIII - instituir o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil. (Brasil, 2012).

A mesma lei ainda define que as atribuições dos municípios envolvem:

III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;

IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;

V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;

[...]

VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;

[...]

IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres. (Brasil, 2012).

É nesta perspectiva que diversos estudos devem ser construídos nas cidades brasileiras, buscando construir um ambiente seguro para as populações, especialmente as mais vulneráveis. Neste sentido, com 8057 habitantes e uma densidade populacional de 9,8 hab/km² (IBGE, 2021) o município de Estrela do Sul (MG), é conhecido nacional e internacionalmente pelas atividades diamantíferas que mobilizaram uma intensa migração de várias regiões do Brasil, no início do século XIX (Estrela do Sul, 2022). Essa atividade econômica trouxe diversos benefícios para a cidade e seus arredores, típicos em regiões mineradoras, entretanto o impacto urbanístico relacionado à má gestão do território, especialmente às proximidades do rio Bagagem, trouxeram distintos desafios para a administração municipal.

1.1. Justificativa

A ocupação do município de Estrela do Sul se deu ao longo do eixo do rio Bagagem, tendo em vista que a atividade diamantífera ocorria ao longo das extensas planícies e margens da drenagem principal. Durante a estação chuvosa é possível observar um aumento significativo no nível do rio, resultando em áreas de risco socioambiental (Figura 1). Inundações e enchentes são eventos recorrentes ao longo dos anos (Patrocínio Online, 2016; G1, 2022). Dados apresentados pela prefeitura de Estrela do Sul ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2020, indicam que 236 residências se encontram sujeitas a inundações (Ministério das Cidades/SNIS, 2020). Porém, os dados, segundo informação verbal do secretário municipal de Agropecuária e Meio Ambiente, não consideraram aspectos técnicos de detalhe, como mapeamento de risco e foram levantados apenas por informações superficiais.

Figura 1: Registros fotográficos de enchente ocorrida em 17 de janeiro de 2016.



Fonte: Patrocínio Online (2016).

Em 28 de dezembro de 2022, entrou em vigor a Lei Nº 134, que criou a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil do município de Estrela do Sul, aprovando a Coordenadoria Intermunicipal para Redução do Risco de Desastres – CIRRD. Portanto, existe um esforço por parte da gestão municipal a se adequar ao que está preconizado na Política

Nacional de Defesa Civil, principalmente em relação à identificação de áreas de risco, tipologias, consequências e medidas de mitigação na cidade de Estrela do Sul e no distrito de Santa Rita da Estrela. Sendo assim, esta pesquisa se justifica como uma ferramenta para o gerenciamento das áreas de risco nesta área urbana. Além disso, neste estudo procurou-se identificar a potencialidade de eventos associados a movimentos de massa, tendo em vista que já ocorreram em menores intensidade e escala (G1, 2016).

1.2 Objetivos

- **Objetivo Geral**

O Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo setorizar áreas de riscos geológicos e hidrológicos na zona urbana de Estrela do Sul e no distrito de Santa Rita da Estrela, em Minas Gerais.

- **Objetivos Específicos**

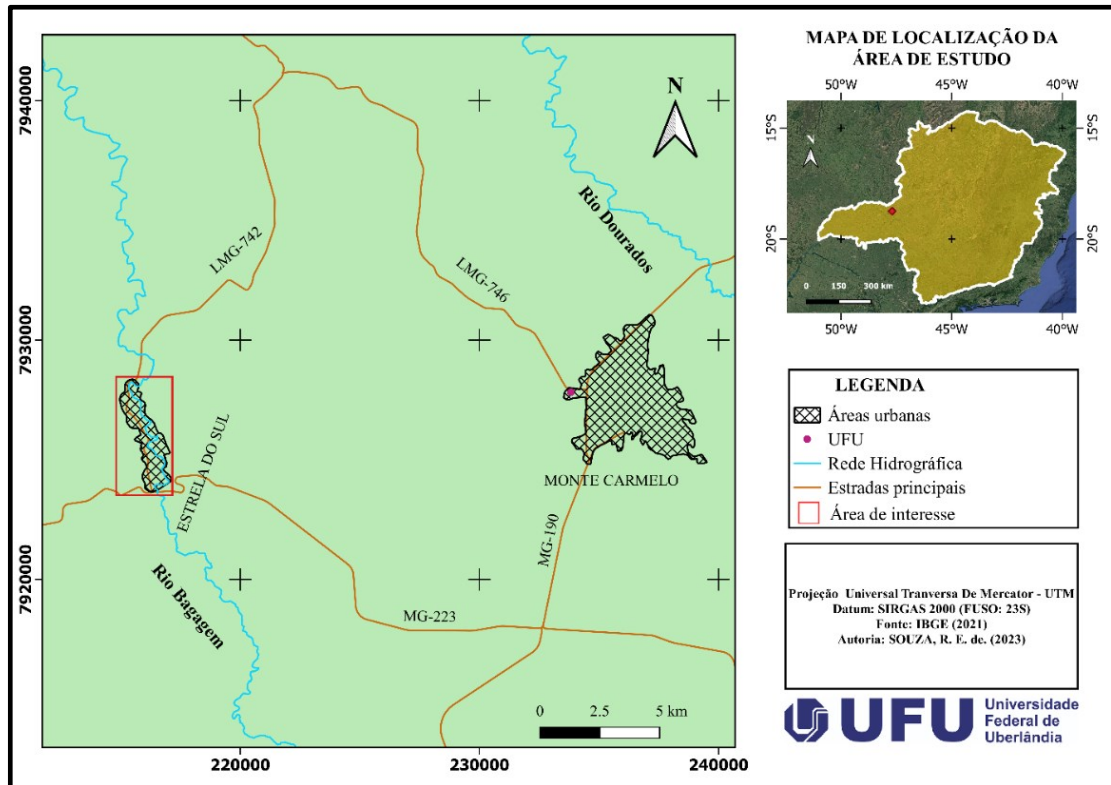
Os objetivos específicos foram:

- a) elaborar pranchas e mapas, em escala de detalhe (entre 1:2.000 e 1:1.000, ou menores), de áreas com potencial ou registros de movimentos de massa ou de processos hidrológicos;
- b) apresentar elementos identificados em campo para que o poder público invista em obras de prevenção, mitigação e monitoramento das áreas de risco.

1.3. Localização da área e acessos

A área de estudo é sede do município de Estrela do Sul, na região nordeste do Alto Paranaíba (Figura 2), localizada pelas coordenadas de referência relativas ao centro da cidade: 216129 W / 7925432 S (UTM zona 23S). A partir da Universidade Federal de Uberlândia – *campus* Monte Carmelo, o acesso principal se dá pela rodovia MG-190, sentido Romaria (MG), até o trevo com a MG-223 e percorrendo-se 30 km até o acesso à zona urbana do município de Estrela do Sul. O distrito de Santa Rita da Estrela está localizado à 3 km do centro de Estrela do Sul.

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conceitos e definições sobre risco geológico-geotécnico

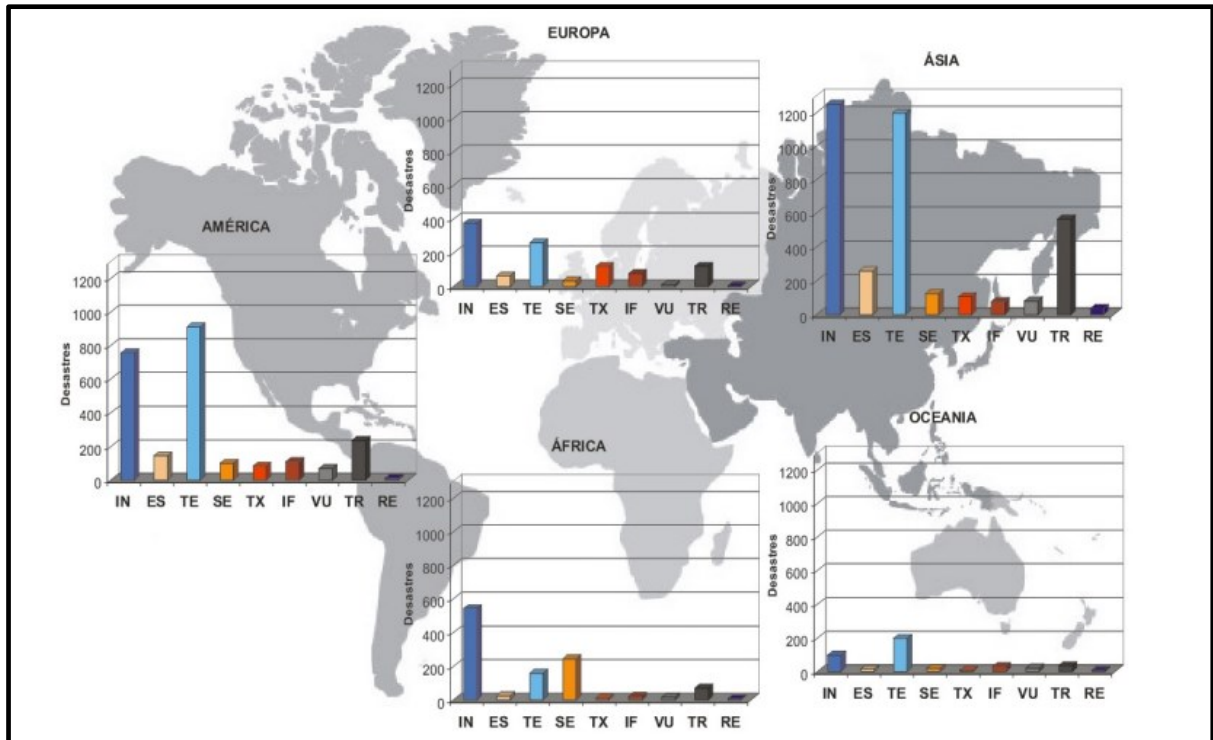
Em relação aos desastres naturais é necessário realizar uma distinção entre os conceitos de evento, suscetibilidade, ameaça, vulnerabilidade, perigo e risco. Além disso, outras definições complementares foram apresentadas, como encosta, talude natural, talude de corte e talude de aterro.

- **Desastres Naturais**

Desastres naturais são fenômenos recorrentes em todo o mundo, causando problemas socioeconômicos de grandes proporções, especialmente quando atingem áreas povoadas e expõem as desigualdades econômicas existentes entre países com recursos para lidar com eventos de grande intensidade e outros com capacidades financeira e estrutural incipientes (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015). Entre os anos de 1900 e 2006, grande parte dos desastres no mundo foram causados por inundações e tempestades sendo os continentes americano e asiático os mais afetados (Figura 3). Há décadas são diversos os trabalhos que tentam caracterizar os desastres naturais, muitas vezes com enfoque nas regiões urbanas (Eckhardt, 2008; Pinto, Passos e Caneparo, 2012; Fernandes e Peixoto, 2015; Zaidan e Fernandes, 2015,

Melo, 2019; Lima et al., 2021). Contudo, embora o tema abordado seja o mesmo, os conceitos e as definições podem variar dentro da literatura.

Figura 3: Distribuição dos principais desastres naturais por continente, entre 1900 – 2006. IN – Inundação e ES – Escorregamento.



Fonte: Marcelino (2008).

Marcelino (2008) classifica os desastres quanto a origem. Assim, segundo o autor os desastres naturais são eventos que tem sua causa associada a algum desequilíbrio da natureza, sem que ocorra nenhum tipo de intervenção humana. Em contrapartida, os desastres antropogênicos estão atrelados às ações ou omissões humanas, ou seja, são aqueles deflagrados pelo homem.

Castro (1998, p. 52) define desastre como:

“resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. [...] A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado”.

Os desastres, quando avaliados levando-se em consideração sua intensidade (Quadro 1), podem auxiliar na recuperação das áreas afetadas, com o envio de ajuda humanitária e recursos voltados à recuperação estrutural (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015), além de depender da magnitude do fenômeno e da vulnerabilidade dos materiais envolvidos (Castro, 1998).

Quadro 1: Classificação dos desastres com base na intensidade do evento.

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

- **Evento**

O termo evento pode ser caracterizado como um fato natural pretérito, sem que tenha ocorrido consequências sociais e econômicas atreladas a ele. Em geral são fenômenos com características, extensão geográfica e localidade definidos em função do tempo (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

- **Suscetibilidade**

De acordo com Julião et al. (2009) e Ministério das Cidades/IPT (2007), a suscetibilidade é caracterizada como o potencial para o desenvolvimento de fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos no terreno (meio físico). Em tese, áreas que possuem terrenos declivosos, por exemplo, estão propensas a ocorrência de deslizamentos, mesmo que não se tenha uma ideia de quando poderão ocorrer ou do nível de certeza estatística dessa possibilidade (Bitar, 2015).

- **Vulnerabilidade**

Identifica o grau de perda de um determinado elemento, grupo ou comunidade numa área passível de ser afetada por um processo. O conceito de vulnerabilidade considera que quanto menor a durabilidade e resistência do material utilizado para a construção dos imóveis,

maiores serão os impactos associados e, portanto, maior a vulnerabilidade (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

- **Ameaça**

Bitar (2015) considera a ameaça como processos ou fenômenos naturais ou induzidos que tem potencial em gerar perdas e danos aos elementos expostos, como: seres humanos, edificações, infraestruturas, recursos naturais, entre outros.

- **Periculosidade**

A periculosidade é um dos principais critérios utilizados para a classificação do grau de risco para processos hidrológicos. Este parâmetro considera o tipo de processo possível e seu raio de alcance, além da frequência. Alta periculosidade está relacionada à alta possibilidade de impacto direto, considerando o raio de alcance do evento (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

- **Risco**

De acordo com a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), os riscos geológicos são todos os processos geodinâmicos internos e externos que podem gerar perigo, perda ou dano ao ser humano e suas propriedades materiais. Os fenômenos geológicos ocorrem principalmente de modo natural e tendem a ter seus impactos amplificados pelas atividades antrópicas, especialmente em ambientes urbanos (Cerri; Amaral, 2015).

A identificação dos riscos pode ser expressa pelas relações apresentadas na Figura 4 (Julião et al., 2009).

Figura 4: Esquema com os elementos necessários para a identificação de áreas de risco.



Fonte: Julião et al. (2009).

Uma das classificações adotadas pela ABGE considera que os riscos ambientais podem ser categorizados em riscos tecnológicos, naturais e sociais. Para o propósito deste trabalho, o

foco recai sobre os riscos naturais, que por sua vez são subdivididos em riscos físicos, os quais englobam riscos atmosféricos (furacões, secas, tempestades, granizo, raios etc.), riscos hidrológicos (enchentes e inundações) e riscos geológicos. (Cerri; Amaral, 2015). No contexto deste estudo, optou-se por agrupar os riscos hidrológicos juntamente aos riscos geológicos, uma vez que eles fazem parte da geodinâmica externa.

Matematicamente, a avaliação dos riscos pode ser estabelecida de diversas maneiras, porém ainda é um tema em debate cada vez mais amplo e complexo dentro da Geotecnia. O conceito de risco de Varnes (1985 apud Cerri; Amaral, 2015), como pode ser observado na equação 2.1, foi adotado para o presente trabalho.

$$R_t = E * R_s \quad (2.1)$$

onde R_t é o risco total, que envolve a possibilidade de prejuízos à vida humana, às propriedades e à economia, E os elementos de risco e R_s o risco específico, que determina o nível de expectativas de danos/perdas em detrimento da ocorrência de um evento natural.

O risco específico pode ser expresso pela equação 2.2.

$$R_s = H * V \quad (2.2)$$

onde H é o risco natural, que é definido como a probabilidade de ocorrer um fenômeno natural com potencial de gerar danos em uma área e num intervalo de tempo específicos, e V diz respeito ao conceito de vulnerabilidade.

- **Talude Natural**

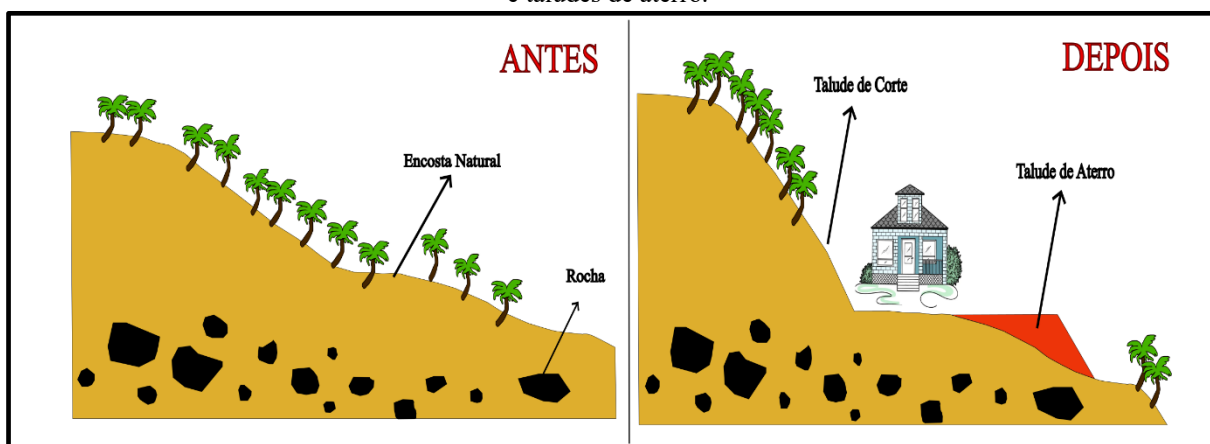
Também denominados encostas, os taludes naturais são as feições de relevo cuja gênese está associada às forças internas e externas que moldam a superfície terrestre ao longo de milhões de anos. Estas formas podem ser esculpidas por agentes geológicos, atmosféricos, biológicos e antrópicos. Mesmo que mudanças significativas não sejam perceptíveis a longo prazo, outras ocorrem numa velocidade maior e causam os problemas geodinâmicos naturais ou induzidos que afetam a vida das pessoas (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

- **Taludes de Corte e Aterro**

De acordo com Gerscovich (2016), os taludes de corte e aterro são resultado da intervenção humana em encostas naturais, com o objetivo de realizar cortes ou criar aterros em áreas específicas (Figura 5). O autor enfatiza a importância de estabelecer alturas e inclinações

precisas nos cortes, uma vez que esses fatores podem afetar a estabilidade da encosta, dependendo de diversos elementos, como o tipo de material presente. Por outro lado, os aterros são construídos levando em consideração a capacidade limitada do solo de suportar outras estruturas ou quando é necessário nivelar o terreno, utilizando solos, rochas, resíduos de mineração ou industriais.

Figura 5: Desenho esquemático ilustra as transformações nas encostas naturais que resultam em taludes de corte e taludes de aterro.



Fonte: O Autor.

2.2. Processos Hidrológicos

Com ocorrência predominante nas regiões urbanas do Brasil, 60% dos desastres naturais estão associados a inundações, sendo mais recorrentes no Sudeste e Sul em razão das instabilidades atmosféricas causadas por sistemas convectivos complexos especialmente durante o verão (MARCELINO, 2008). Segundo o Relatório Anual de Estatísticas de Desastres da OFDA/CRED, em 2008, o Brasil ocupou o 10º lugar entre os países que registraram maior número de afetados por desastres geológicos e hidrológicos, totalizando 1,8 milhões de pessoas (OFDA/CRED, 2009). As mudanças climáticas e o avanço da urbanização brasileira tendem a amplificar os impactos desses fenômenos.

Conforme Tominaga, Santoro e Amaral (2015), os problemas atrelados a inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas nos ambientes urbanos são decorrentes da ocupação desordenada nas porções marginais dos rios, que são regulamentadas pelo Novo Código Florestal (Brasil, 2012) e pelo Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6.766/79) (Brasil, 1979).

O Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/2012, que revogou a Lei nº 4.771/65, em seu artigo 4º e inciso I estabelece quanto a delimitação de Áreas de Preservação Permanente:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I – as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura.” (Brasil, 2012).

Além disso, no mesmo artigo, parágrafo 10, a lei estabelece que:

“§ 10. Em áreas urbanas consolidadas, ouvidos os conselhos estaduais, municipais ou distrital de meio ambiente, lei municipal ou distrital poderá definir faixas marginais distintas daquelas estabelecidas no inciso I do **caput** deste artigo, com regras que estabeleçam: (Incluído pela Lei nº 14.285, de 2021)

I – a não ocupação de áreas com risco de desastres; (Incluído pela Lei nº 14.285, de 2021)”. (Brasil, 2012).

Por fim, o Novo Código Florestal ainda indica em seu artigo 6º:

“Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I – conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II – proteger as restingas ou veredas;

III – proteger várzeas.” (Brasil, 2012).

Já o artigo 3º da Lei nº 6.766/79, conhecida como Lei Lehman, indica que:

“Parágrafo único – Não será permitido o parcelamento do solo:

I – em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

[...]

IV – em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação”. (Brasil, 1979).

Christofoletti (1980) refere-se aos rios como canais de escoamento que repercutem as condições climáticas, geomorfológicas, litológicas e de vegetação em determinada área, resultando em sistemas fluviais distintos. Nas cidades, a impermeabilização dos solos e a canalização dos cursos d’água alteram o escoamento superficial como resposta às modificações no padrão natural destes. Tavares e Silva (2008) destacam que as alterações impostas ao solo dentro dos centros urbanos prejudicam as áreas mais declivosas, entretanto regiões aplainadas onde deveria ser favorecida a infiltração da água, acabam por conviver com riscos hidrológicos constantes.

Os conceitos de inundação, enchente, alagamento e enxurrada devem ser distinguidos a fim de evitar utilizá-los erroneamente como sinônimos (Figura 6).

Figura 6: Cenário esquemático que diferencia os diferentes raios de atuação de enchentes, inundações e alagamentos.



Fonte: Modificado de Ministério das Cidades/IPT (2007).

- **Enchentes**

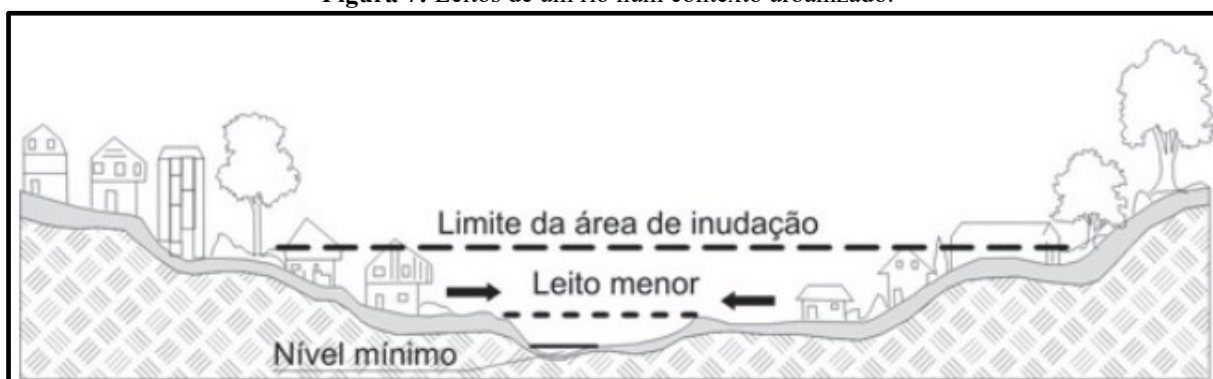
De acordo com o Ministério das Cidades/IPT (2007), as enchentes ou cheias são caracterizadas como fenômenos hidrológicos que ocorrem em razão do aumento temporário do nível d'água de um rio até sua cota máxima, sem que haja transbordamento para porções adjacentes ao canal. Os danos que esses eventos causam se restringem às populações que vivem inadequadamente nas zonas marginais. Santos (2012) entende que grandes intervalos sem a ocorrência de enchentes é um fator importante no que tange a ocupação de áreas ribeirinhas, principalmente por indivíduos mais pobres.

- **Inundações**

Segundo Kobiyama et al. (2006), as inundações ocorrem quando o nível dos rios aumenta além das vazões típicas, especialmente durante chuvas intensas e volumosas, resultando no transbordamento para áreas vizinhas. Essas áreas são conhecidas como planícies de inundação ou várzeas.

Tucci (2005) entende que as inundações urbanas estão associadas a dois processos: a ocupação de áreas ribeirinhas e a urbanização *per se*, sendo que as enchentes em áreas ribeirinhas são consequência da acomodação natural de um rio (localizado em bacia hidrográficas médias com mais de 100 km²) ao ocupar seu leito maior em contextos chuvosos extremos. Dentre outros fatores, o autor reitera que em muitas cidades a ausência de um Plano Diretor Urbano, possibilita a invasão de áreas ribeirinhas pela população mais pobre e a ocupação destas áreas de risco (Figura 7).

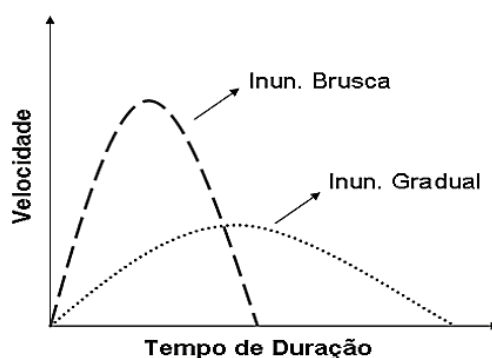
Figura 7: Leitos de um rio num contexto urbanizado.



Fonte: Tucci (2008).

Conforme Tominaga, Santoro e Amaral (2015), a geometria dos vales fluviais pode determinar a velocidade da inundação. Neste sentido, é possível classificar esses fenômenos em inundações bruscas ou graduais. As primeiras são próprias de canais encaixados (vales em V) e com vertentes com alta declividade. Têm-se, dessa maneira, um aumento da velocidade da água em curto tempo, o que favorece o poder de destruição. Em contrapartida, as inundações graduais são mais lentas nos vales tipicamente abertos, nas extensas planícies e nos terraços fluviais. Os autores reiteram que em razão do menor gradiente das vertentes isso ocasiona um aumento gradual do nível d'água. A Figura 8 ilustra a diferença gráfica entre ambas as classificações analisando a velocidade do evento em função do tempo de duração.

Figura 8: Comparação entre inundações bruscas e graduais.



Fonte: Kobiyama et al. (2006).

Tominaga, Santoro e Amaral (2015) ressaltam a relevância do tipo e presença de cobertura vegetal na redução dos impactos das inundações, pois atua como reguladora do fluxo de água tanto em superfície quanto no subsolo. Por sua vez, o desmatamento e a urbanização, são apontados como os principais fatores responsáveis pelo aumento do escoamento superficial e da vazão máxima de um rio durante cheias.

- **Enxurradas**

Trata-se de um escoamento superficial com elevada concentração e energia de transporte, ocasionado em consequência de volumosas precipitações, derretimento de neve ou ruptura de barragens. Em geral, esses eventos podem gerar consequências graves que vão das perdas materiais e humanas a deslizamentos de terra, inundações, destruição de imóveis e outras infraestruturas (Ministério das Cidades/IPT, 2007). Conforme Tominaga, Santoro e Amaral (2015) é comum que as enxurradas ocorram em vias pavimentadas sobre antigas drenagens com gradiente hidráulico elevado, assim como em terrenos altamente declivosos.

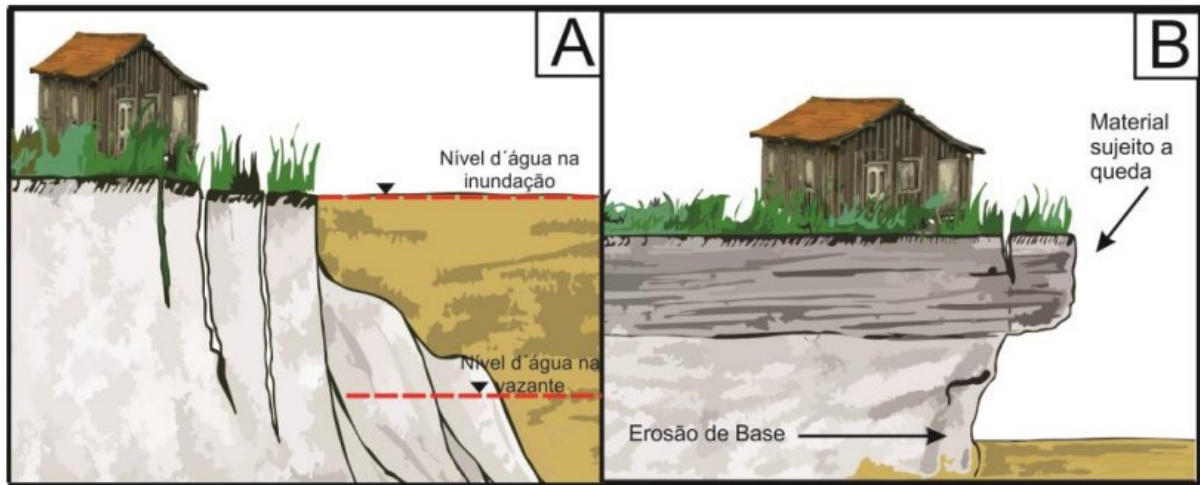
- **Alagamentos**

Os alagamentos são eventos que ocorrem a partir da acumulação praticamente instantânea de águas nas cidades, devido à problemas no sistema de drenagem urbana (Ministério das Cidades/IPT, 2007). Segundo Souza, Moraes e Borja (2013), os sistemas de drenagem urbana são baseados na instalação de estruturas de macro e microdrenagem com o objetivo de direcionar a água pluvial. O autor enfatiza que as disparidades atreladas ao planejamento urbano e o desenvolvimento sustentável desses sistemas resultaram em diversas problemáticas, entre elas os alagamentos e as inundações urbanas. Assim, as deficiências estruturais impedem o escoamento, o que facilita a acumulação nas ruas.

- **Solapamento de margem**

Bandeira et al. (2018) entende que o solapamento das margens dos rios pode ocorrer de dois modos: no momento que a drenagem atinge sua capacidade máxima ou quando ocorre subida ou descida do nível d'água. No primeiro caso, a inundação das margens ocasiona o desprendimento de massa de terra para dentro do rio. No segundo, ocorre erosão de materiais menos resistentes na base, nos períodos em que o rio não atinge sua máxima capacidade, o que causa a fragmentação de massas de terra de porções superiores por gravidade (Figura 9).

Figura 9: A. Desenho esquemático representando solapamento de margem associado a contextos de inundação, onde ocorre submersão do solo. B. Esquema ilustra solapamento de margem, causando erosão basal e queda de material superior.



Fonte: Bandeira et al. (2018).

2.3. Movimentos de massa

A remobilização dos materiais em superfície é um mecanismo excepcionalmente eficiente no que diz respeito à transformação da paisagem, podendo implicar, além disso, nas condições socioespaciais das cidades e seus arredores. Comumente, é estabelecido aos movimentos de massa a terminologia “deslizamento”, o que, de acordo com Guidicini e Nieble (1984) não compreende o uso tão amplo, tendo em vista a variedade de termos específicos para cada tipo de processo. Augusto Filho (1992) propôs quatro classes associadas aos movimentos gravitacionais de massa em encostas, considerando os processos mais recorrentes (Quadro 2).

Quadro 2: Principais classificações dos movimentos de massa em encostas.

PROCESSOS	DINÂMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
Rastejos “creep”	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vários planos de deslocamento (internos); ▪ Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; ▪ Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; ▪ Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; ▪ Geometria indefinida.
Escorregamentos “slides”	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poucos planos de deslocamento (externos); ▪ Velocidades médias (m/h) a altas (m/s); ▪ Pequenos a grandes volumes de material; ▪ Geometria e materiais variáveis: <ul style="list-style-type: none"> <i>Planares</i> – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; <i>Circulares</i> – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; <i>Em cunha</i> – solos e rochas com dois planos de fraqueza.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sem planos de deslocamento; ▪ Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; ▪ Velocidades muito altas (vários m/s);

Quedas “falls”	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Material rochoso; ▪ Pequenos a médios volumes; ▪ Geometria variável: lascas, placas, blocos etc.; ▪ Rolamento de matacão; ▪ Tombamento.
Corridas “flows”	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muitas superfícies de deslocamento; ▪ 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: Modificado de Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

- **Escorregamentos**

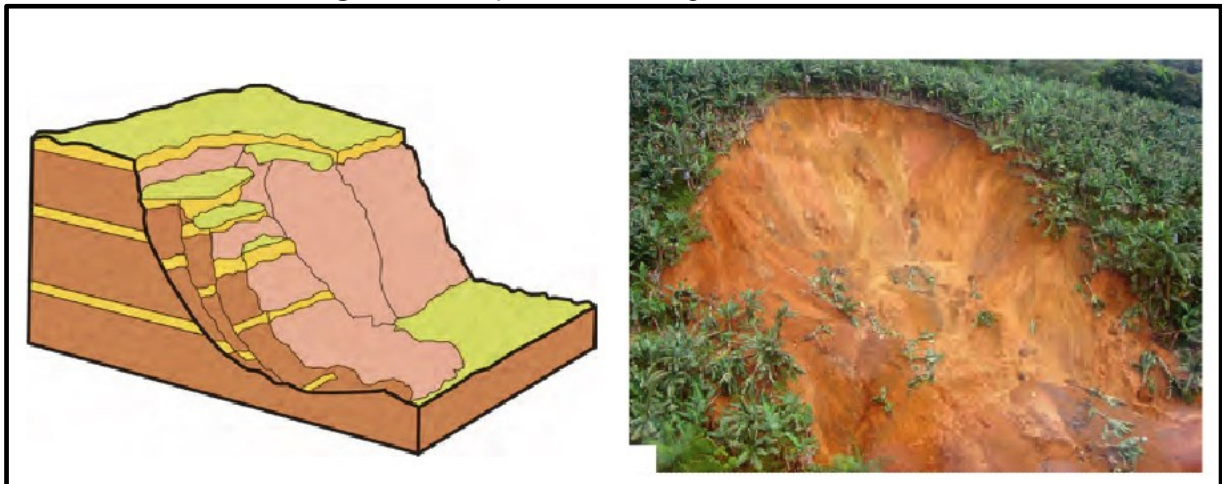
São diversas as terminologias que envolvem os escorregamentos, muitas delas voltadas à linguagem popular, como deslizamento, queda de barreira, desbarrancamento. Entretanto, algumas estão associadas à gravidade, como as definições de Tominaga, Santoro e Amaral (2015), Montoya Botero (2013) e outros, como Ministério das Cidades/IPT (2007), entendem que os escorregamentos são condicionados às precipitações. Destaca-se que a velocidade do movimento leva em consideração a inclinação da superfície de escorregamento, da força causadora e da natureza do terreno.

Tominaga, Santoro e Amaral (2015) explicam que os escorregamentos envolvem o deslocamento de solos e rochas em volumes definidos nas encostas, impulsionados pela força da gravidade. Mais especificamente, Guidicini e Nieble (1984) descrevem que os escorregamentos ocorrem quando a força gravitacional se torna maior do que o atrito interno das partículas. Isso ocorre quando a resistência do material ao cisalhamento e a tensão de cisalhamento na superfície diminuem até um nível de umidade que favorece o movimento do material na encosta. Há nestes casos a ocorrência de um plano de ruptura bem definido, de modo que claramente é estabelecida uma separação entre o material movimentado e o não movimentado. A partir disso, é possível subdividir esses movimentos em três tipos: rotacionais, translacionais e em cunha.

- ***Escorregamento rotacional ou circular***

Nesses movimentos, a superfície de ruptura apresenta geometria curvada ou côncava (Figura 10), sob a qual é deslocada uma enorme quantidade de material, sendo comuns em regiões cujos perfis de solo são bem espessos e desenvolvidos (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015; Guidicini; Nieble, 1984). Em geral, esse tipo de escorregamento se dá como consequência da atuação de sistemas fluviais ou pela ação antrópica ao desgastar a base natural da encosta, visando a construção de estradas, residências, entre outros (Fernandes; Amaral, 1996).

Figura 10: Situação de um escorregamento rotacional.



Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

- ***Escorregamento translacional ou planar***

Os escorregamentos translacionais são comuns em solos menos espessos e menos desenvolvidos, estando associados a planos de ruptura abruptos e heterogêneos (Figura 11). Essas movimentações estão restringidas a interface solo-rocha, o que corresponde a descontinuidades mecânicas e hidrológicas (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015).

Figura 11: Funcionamento de um escorregamento planar e seus impactos.



Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

Guidicini e Nieble (1984) e Fernandes e Amaral (1996) entendem que os escorregamentos planares ocorrem entre 0,5 e 5 metros de profundidade, porém com grandes áreas atingidas. A declividade nesses cenários não é restrita as vertentes mais dissecadas, mas também em contextos de baixo gradiente.

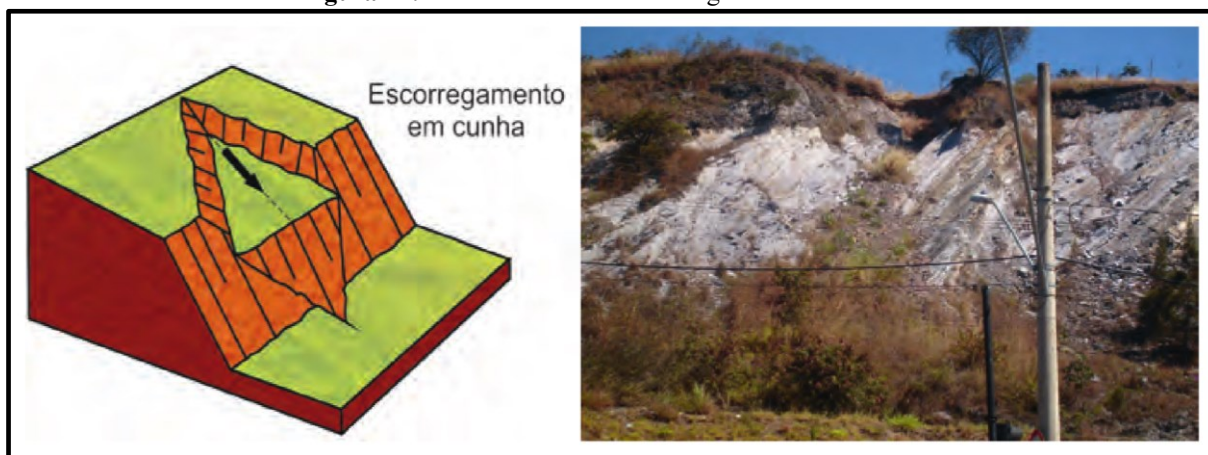
A partir do tipo de material transportado, ainda é possível subdividir os escorregamentos planares em três segmentos: rochosos, terrosos e mistos (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015).

Em síntese, os escorregamentos translacionais de rocha ocorrem ao aproveitar de estruturas geológicas planares, como xistosidade, falhas, estratificações, entre outros. Nos escorregamentos translacionais terrosos o movimento ocorre como resultado da interação do solo com um substrato rochoso submetido a um condicionante estrutural. Assim, é possível que quando a quantidade de água no sistema é muito alta, o movimento possa se transformar em “corridas” de massa. Em contrapartida, o material de sopé mesmo após a movimentação pode se tornar um rastejo, iniciando um novo processo geodinâmico. Por fim, os escorregamentos translacionais mistos são aqueles que envolvem uma série de blocos rochosos envoltos em material pedológico.

- ***Escorregamento em cunha ou estruturado***

Este tipo de movimento ocorre em blocos rochosos fracos a altamente alterados com a presença de duas descontinuidades intersectadas com potencial de desestabilizar o talude (Figura 12). Assim, ocorre o deslocamento na intersecção desses planos de fraqueza no formato de um prisma (Augusto Filho, 1992).

Figura 12: Mecanismo de um escorregamento em cunha.



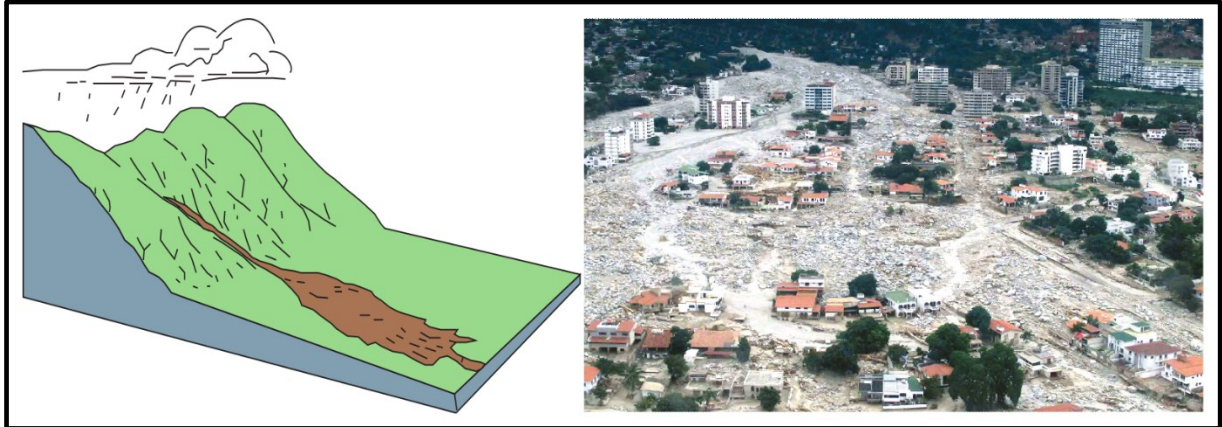
Fonte: Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

- **Corridas ou Fluxos de massa**

As corridas de massa são movimentos laterais e contínuos que ocorrem sob uma superfície de ruptura (Figura 13). Destaca-se que a percolação da água, amplifica a velocidade de deslocamento dos materiais do talude. O volume de massa movimentado é grande e a capacidade de transporte pode alcançar um extenso raio de impacto. Em geral, as corridas apresentam alto poder destrutivo em razão de altas velocidade e mobilidade em superfície, podendo carrear solos, rochas, detritos e água, mesmo em relevos menos declivosos. Por este

motivo, recomenda-se que residências não sejam construídas em vales íngremes com histórico ou suscetibilidade de movimentações. (Highland e Bobrowsky, 2008; Montoya Botero, 2013)

Figura 13: Cenário típico de corridas de massa e seus impactos.

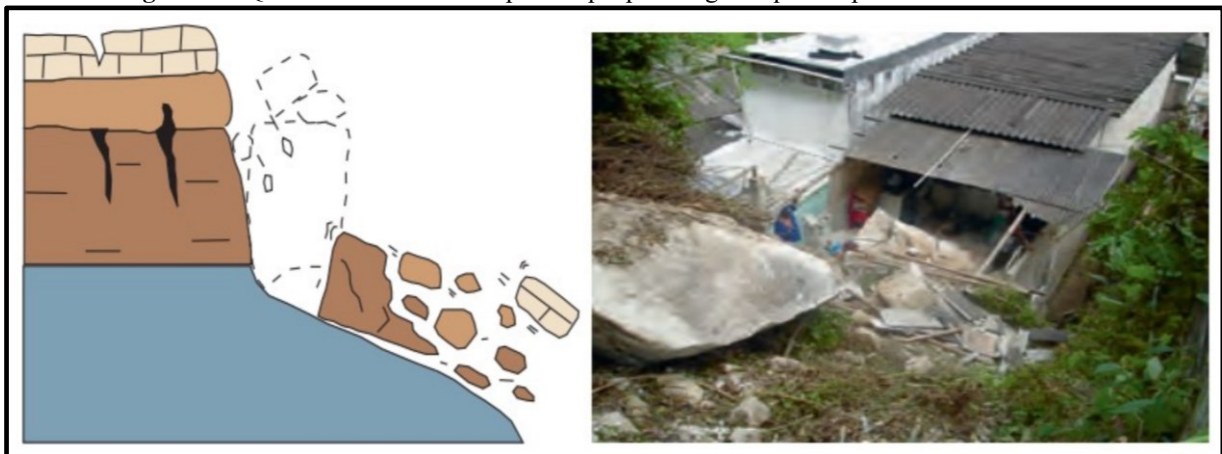


Fonte: Higland e Bobrowsky (2008).

- **Quedas**

De acordo com Higland e Bobrowsky (2008), as quedas de blocos são causadas pelo desprendimento de massas de rocha ou de solo a partir da força gravitacional livre e ocorrem em altas velocidades. A fragmentação é decorrente da existência de fraturas em maciços rochosos ou quando o desgaste da porção inferior da encosta resulta no deslocamento de blocos superiores. Além disso, outros fragmentos em processo de queda podem gerar um processo sistemático, causando movimentações talude abaixo (Figura 14).

Figura 14: Queda de blocos e os impactos que podem gerar quando próximo a residências.

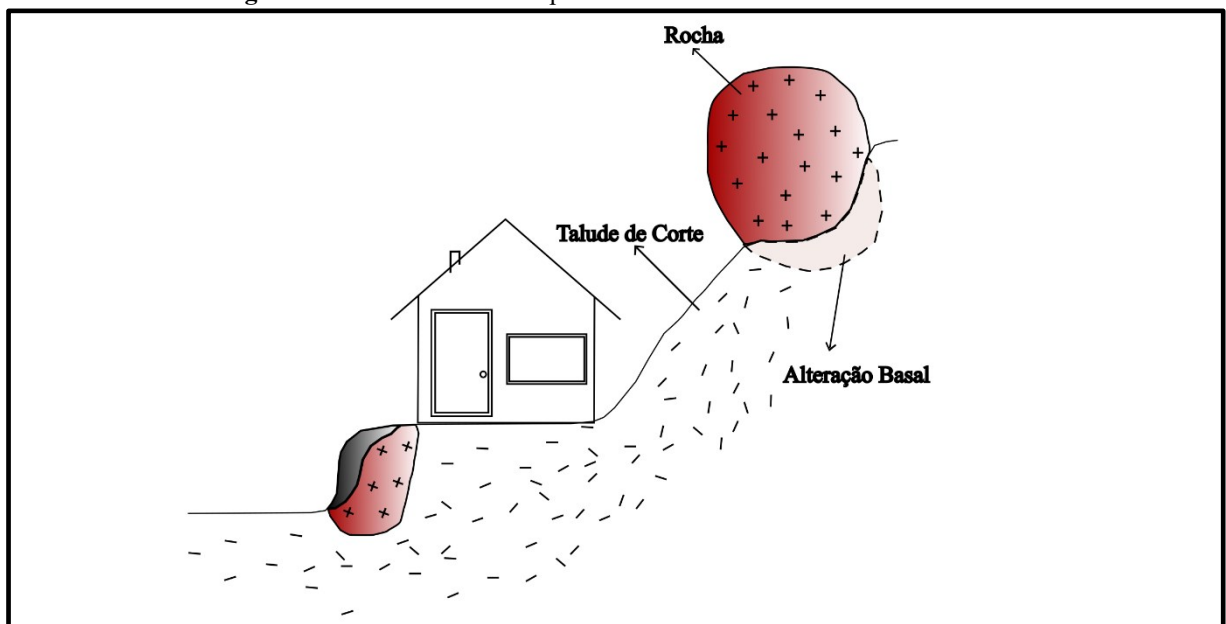


Fonte: Highland e Bobrowsky (2008); Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

São comuns outros dois processos associados às quedas de blocos: tombamento e rolamento de blocos rochosos (Ministério das Cidades/IPT, 2007). Os tombamentos, também denominados basculamentos, ocorrem devido à presença de discontinuidades (fraturas, diáclases) em taludes rochosos com alta declividade. Trata-se de movimentações mais lentas

que as quedas de blocos, sendo comuns em taludes de corte que geram o deslocamento dessas superfícies planares. Já os rolamentos de blocos ou rolamentos de matacões, são comuns em rochas graníticas, pois o intemperismo resulta na formação de grandes blocos de rocha isolados expostos. O movimento desses maciços rochosos ocorre quando a base de sustentação é retirada por processos erosivos ou antrópicos, característica comum de áreas ocupadas inadequadamente (Figura 15).

Figura 15: Cenário suscetível para a ocorrência de rolamento de blocos.

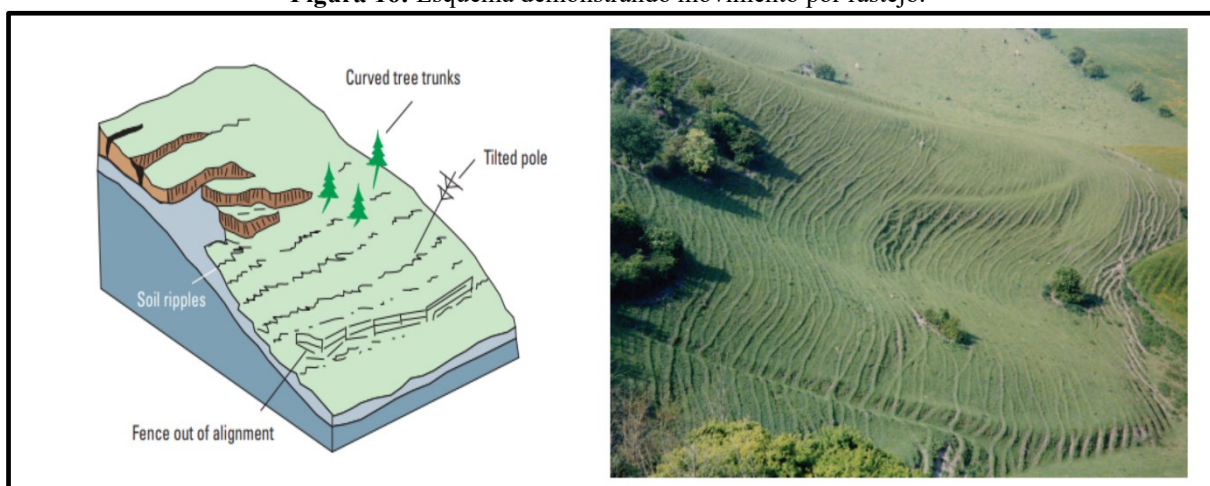


Fonte: O Autor.

- **Rastejos**

Os rastejos são movimentações lentas e contínuas de solo que ocorrem nas vertentes, contudo não é possível observar diferenças visíveis entre os materiais em movimento e os estacionários (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015). Geralmente são facilmente percebidos quando observadas árvores e cercas inclinadas. De acordo com Guidicini e Nieble (1984), além da componente gravitacional, a variação térmica resulta em processos de expansão e contração que facilitam a movimentação de massa (Figura 16).

Figura 16: Esquema demonstrando movimento por rastejo.



Fonte: Higland e Bobrowsky (2008).

2.4. Fatores Condicionantes dos processos hidrológicos e movimentos de massa

De acordo com Tominaga, Santoro e Amaral (2015), Souza (1998) e Ministério das Cidades/IPT (2007), os condicionantes dos processos hidrológicos e movimentos de massa são resultados da inter-relação entre fatores naturais e antrópicos. Entre os fatores naturais estão: geomorfologia e geologia do local; elementos da bacia hidrográfica; intensidade, distribuição e frequência das precipitações; tipo de solos e presença de vegetação.

Os condicionantes antrópicos envolvem modificações realizadas nas bacias hidrográficas, como ocupação irregular das margens de rio, lançamento de entulho e efluentes nas proximidades das drenagens, canalização de corpos d'água, impermeabilização e erosão dos solos e assoreamento dos cursos d'água (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015). De acordo com os autores, a junção entre esses condicionantes, somados a concentrações urbanas em áreas de planícies de inundação, podem resultar em eventos extremamente danosos.

Em relação aos movimentos de massa, os condicionantes naturais desses processos podem ser subdivididos em: agentes predisponentes e agentes efetivos. Os agentes predisponentes referem-se às condições naturais preestabelecidas de uma determinada área: geológicas, topográficas, hidrológicas, climáticas, gravitacionais e ambientais, que não possuem relação direta com as ações antrópicas. Os agentes efetivos podem ser subdivididos em agentes efetivos preparatórios, que envolvem pluviosidade, erosão, congelamento e degelo, variação da temperatura e umidade, dissolução química, oscilação no nível dos lagos e marés e do lençol freático, ação de animais, e os agentes efetivos imediatos como chuva intensa, vibrações, erosão, terremotos, ondas, ventos (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

A vegetação presente nas encostas é importante para manter a estabilidade dos solos e rochas ali presentes. Conforme Campos (2011), os taludes sem cobertura vegetal são mais

suscetíveis a ocorrência de movimentos de massa, contudo a presença de espécies arbóreas específicas pode ser danosa. As bananeiras, por exemplo, são árvores que tendem facilitar a infiltração de uma grande quantidade de água, aumentando significativamente a saturação dos solos e contribuindo para o colapso.

É comum que cidades brasileiras enfrentem problemas relacionados à inadequada disposição das águas pluviais e do esgoto, especialmente em áreas irregularmente ocupadas que são predominantemente de maior risco geológico-geotécnico. Campos (2011) argumenta que a falta de eficiência dos sistemas de drenagem urbana, combinada com trincamentos na superfície do solo, pode resultar na infiltração da água e, conseqüentemente, na instabilidade de encostas e taludes, principalmente durante períodos de chuvas intensas. Além disso, a ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto agrava a situação, contribuindo para a saturação do solo devido ao constante lançamento desses efluentes.

Em geral, as famílias que vivem em condições socioeconômicas precárias são responsáveis pela instalação de suas próprias redes de abastecimento de água, muitas vezes improvisando com encanamentos e mangueiras. Esses sistemas são propensos a vazamentos recorrentes que podem afetar negativamente o solo e comprometendo sua resistência (Campos, 2011).

As fossas sanitárias podem ser uma alternativa sustentável e econômica para reduzir o impacto ambiental causado pela falta de saneamento básico, além de oferecer uma solução prática para o tratamento de esgoto em áreas sem infraestrutura adequada. Contudo, quando há muitas fossas sanitárias em um contexto de declividade mais acentuada é comum a infiltração de água e a saturação gradual do solo (Campos, 2011).

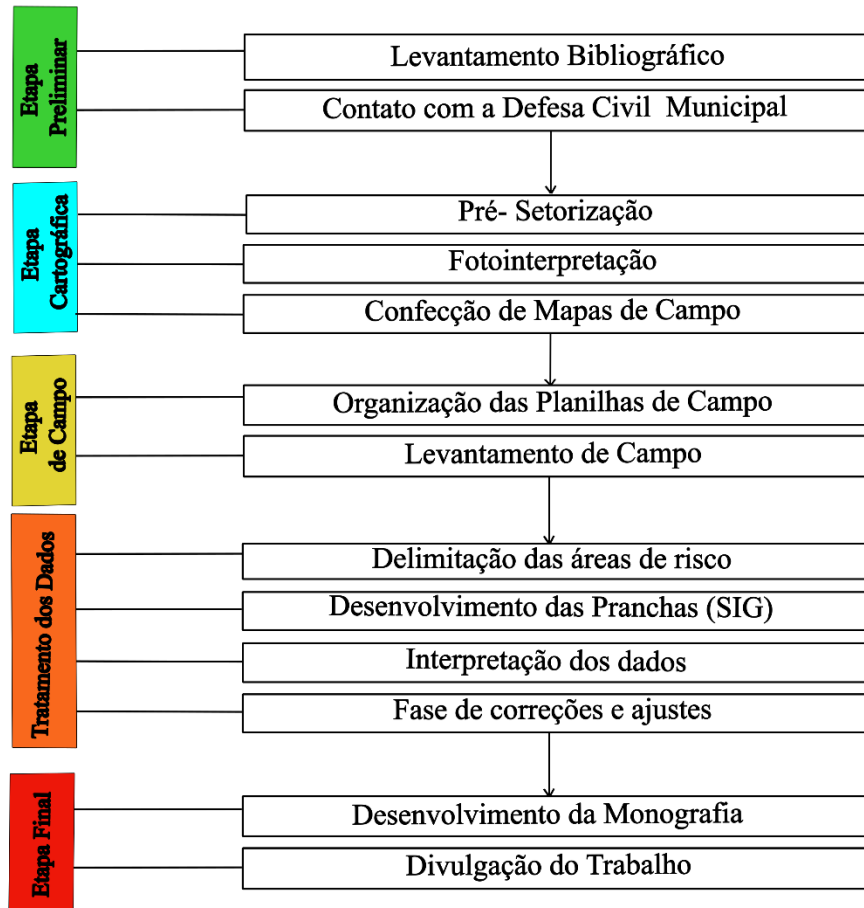
Campos (2011) acrescenta que a construção dos taludes de corte e de aterro exigem um preparo do material e projetos adequados. Nos casos em que isso não ocorre, a percolação de água ao longo pode desestabilizar o solo e, conseqüentemente as estruturas sobrepostas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho voltada ao mapeamento de áreas de risco foi desenvolvida em 2007 pelo Ministério das Cidades e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Neste sentido, a proposta metodológica serve como base para a promoção de planos municipais por todo o Brasil, através de treinamento e capacitação que apresentam métodos de identificação, análise e avaliação de áreas de risco. Tais procedimentos são úteis especialmente para um adequado gerenciamento de riscos que é centrado na adoção de medidas estruturais e não estruturais com soluções de curto, médio e longo prazos

(Ministério das Cidades/IPT, 2007). Além disso, reitera-se que a confecção das pranchas segue os modelos da CPRM, que foram adaptadas para a configuração que se apresenta em Estrela do Sul. A partir disso, o estudo se desenvolveu de acordo com as etapas apresentadas na Figura 17.

Figura 17: Fluxograma simplificado das atividades desenvolvidas ao longo do trabalho.



3.1. Etapa Preliminar

3.1.1. Levantamento Bibliográfico

O presente trabalho conduziu uma pesquisa abrangente sobre os conceitos relacionados aos movimentos de massa e aos processos hidrológicos, visando identificar os principais fatores que condicionam esses riscos geodinâmicos tão frequentes no contexto tropical do Brasil. Para alcançar essa revisão, foram consultados artigos científicos, livros, teses, dissertações e mapas. Adicionalmente, realizou-se uma análise histórica do município de Estrela do Sul com o intuito de quantificar a frequência desses eventos.

3.1.2. Contato com a Defesa Civil Municipal

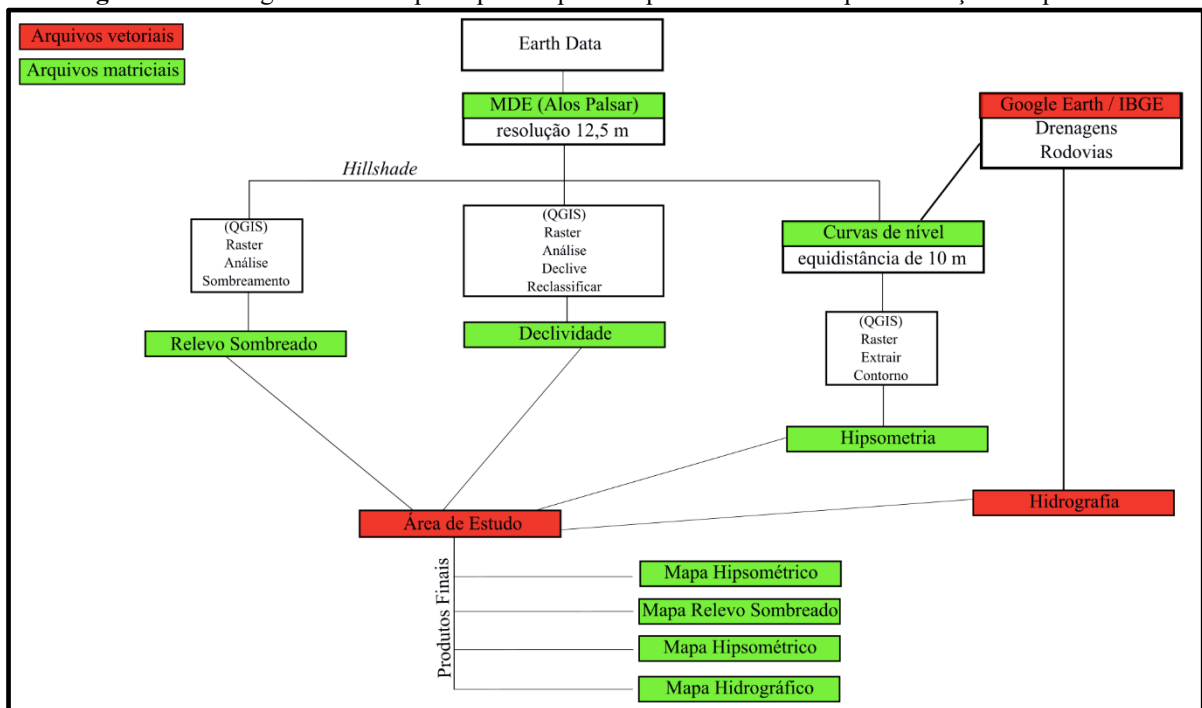
Durante esse levantamento, estabeleceu-se um contato significativo com um profissional da Defesa Civil da prefeitura de Estrela do Sul e com moradores, a fim de identificar pontos de análise relevantes dentro da zona urbana, assim como para obtenção de informações úteis ao mapeamento.

3.1.3. Pré-Setorização

3.1.3.1. Processamento de dados cartográficos

O processamento dos dados cartográficos teve como objetivos a organização da base de dados e a confecção dos mapas de campo como de declividade, hipsométrico, relevo sombreado e hidrográfico em escala 1:25.000 a 1:50.000. A base principal para a geração desses produtos foi um arquivo matricial atribuído à imagem de radar do *Alos Palsar*, obtido através da plataforma *Alaska Satellite Facility* (ASF, 2023). Os *pixels* do MDE (Modelo Digital de Elevação) têm uma resolução espacial de até 12,5 metros e representam a elevação da superfície, por isso é excelente para mapas de elevação e outros complementares. A Figura 18 apresenta de forma simplificada como foram realizados os procedimentos para a obtenção desses produtos com a utilização do *software* QGIS.

Figura 18: Fluxograma com as principais etapas e arquivos necessários para a criação dos produtos.



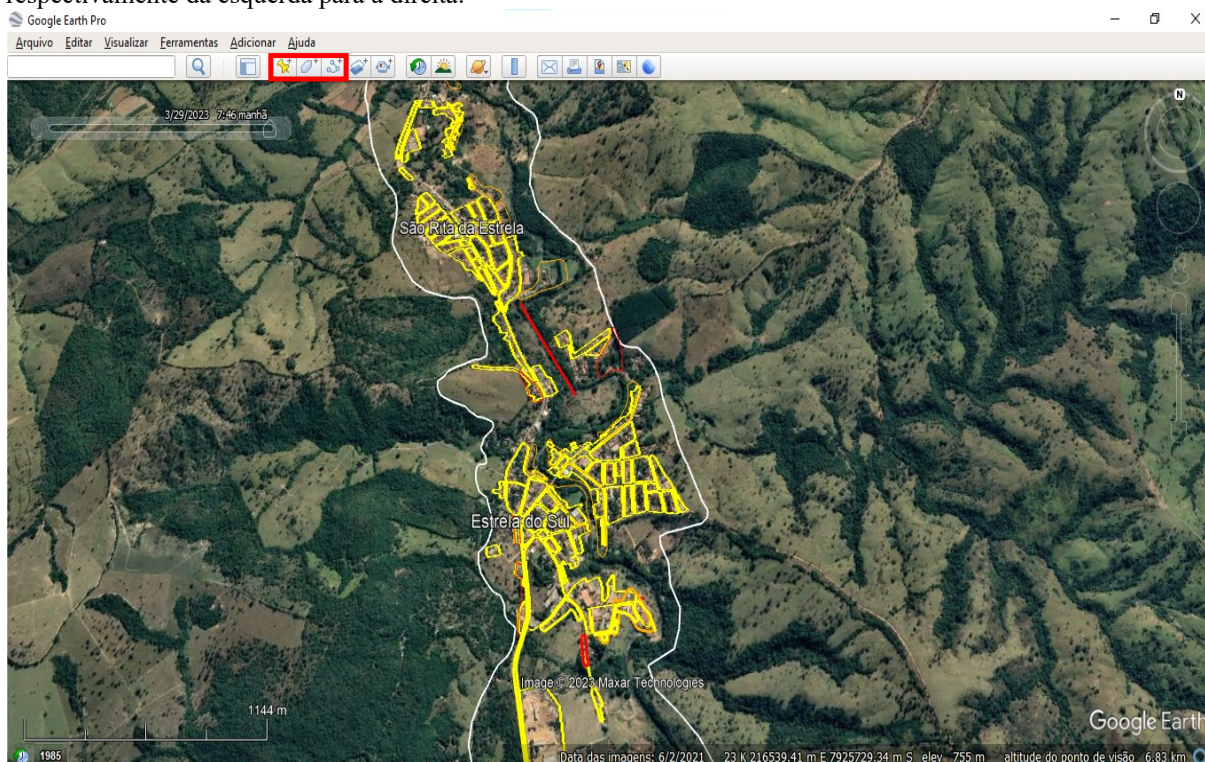
Fonte: O Autor.

3.1.3.2. Fotointerpretação

Nesta etapa foi realizada fotointerpretação para a identificação de áreas potenciais à movimentos de massa e aos processos hidrológicos com o auxílio de imagens de satélite de boa resolução. Em razão da ausência de ortofotos em Estrela do Sul, que conferem melhor acurácia às avaliações, utilizou-se o aplicativo *Google Earth Pro* e os produtos de sombreamento de relevo. Segundo Lopes (2009), o *Google Earth* é uma ferramenta importante para o detalhamento e mapeamento de alvos na superfície terrestre sendo o resultado da junção entre diversos sensores de distintas resoluções espaciais acoplados a satélites orbitais.

A espacialização prévia de áreas de risco é um dos mecanismos iniciais utilizados para setorizar e aprimorar as avaliações de campo (Facuri, 2016). Assim, foi empregada a técnica de vetorização, que consiste em criar arquivos vetoriais nos formatos “kmz” e “kml” no *Google Earth Pro*, utilizando-se das seguintes ferramentas: “Adicionar marcador”, útil para inserir pontos de interesse e suas coordenadas geográficas, “Adicionar polígonos”, visa delimitar todos os tipos de feições no mapa e “Adicionar caminhos” voltado na demarcação de ruas, avenidas, entre outras formas. A Figura 19 ilustra essas ferramentas necessárias para o emprego da vetorização de uma imagem de satélite.

Figura 19: Interface do programa Google Earth Pro com enfoque na área de estudo. O retângulo vermelho na porção superior indica as ferramentas “Adicionar marcador”, “Adicionar polígono” e “Adicionar caminhos”, respectivamente da esquerda para a direita.

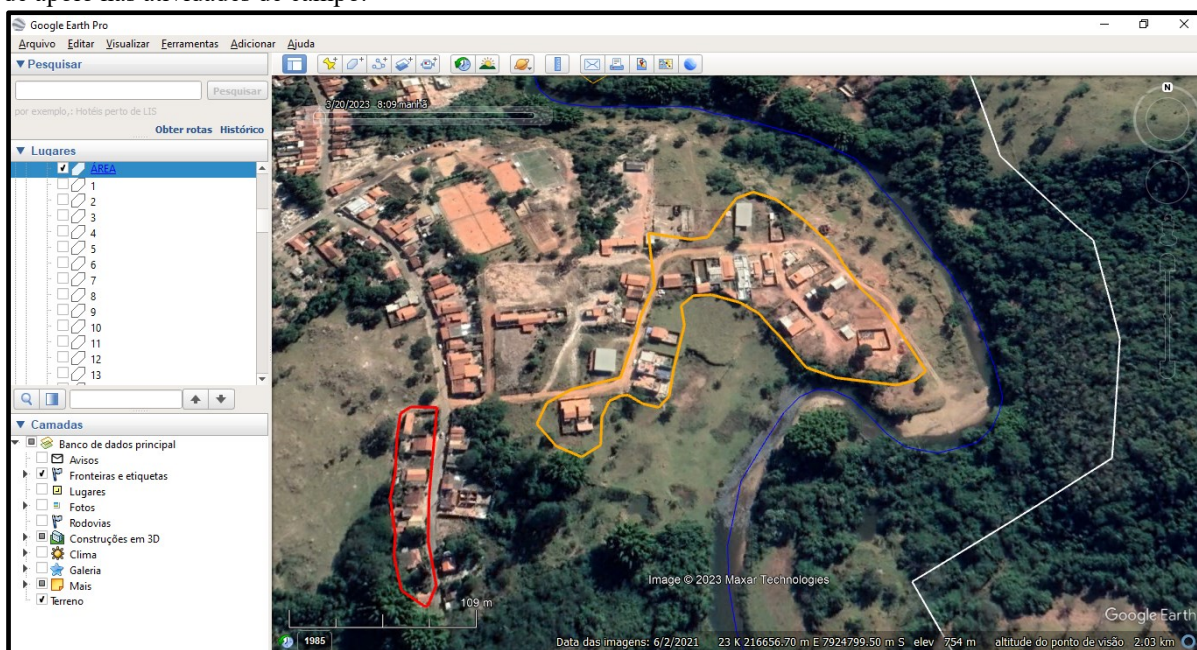


Fonte: *Google Earth Pro* (2023).

No contexto de Estrela do Sul foram delimitados pontos que sinalizaram algum tipo de potencialidade a esses processos. Tais zoneamentos foram úteis, pois facilitaram as análises durante o campo (Figura 20). Nesta etapa foram identificadas áreas com presença de blocos e matações em encostas, planícies de inundação dos principais cursos d'água, entre outras feições.

Os dados vetorizados no *Google Earth Pro* se encontram na projeção WGS-84 (*World Geographic System* 1984) com coordenadas geográficas (latitude, longitude). Posteriormente, utilizando o *software* livre QGIS para a produção de mapas temáticos foi realizada a conversão da projeção adotada pelo programa para SIRGAS 2000 UTM 23S. Em seguida foram produzidos *layouts* em formato “pdf” e posteriormente inseridos no aplicativo *Avenza Maps*.

Figura 20: Exemplo de vetorização de feições ou áreas de interesse. As imagens foram utilizadas como materiais de apoio nas atividades de campo.



Fonte: *Google Earth Pro* (2023).

3.2. Levantamento de Campo e Setorização

As atividades de campo foram realizadas em 18/10/2022, 31/03/2023 e 06/05/2023 sendo conduzidas com a participação de um agente da Defesa Civil, aproveitando o conhecimento prévio dele sobre as áreas mais relevantes no contexto dos processos geológicos e hidrológicos na cidade. Esta etapa foi dividida em duas partes: uma focada na setorização das áreas com risco de movimentação de massa e outra específica para os processos hidrológicos ao longo das margens do rio Bagagem e seus afluentes. A organização dos dados foi realizada através do preenchimento de fichas cadastrais. Destaca-se que as fichas de caracterização dos processos hidrológicos foi desenvolvida pelo presente autor, tendo em vista a indisponibilidade

de materiais do tipo na literatura. Neste sentido, abra-se uma perspectiva da criação de um material mais específico para catalogar tais informações durante as atividades de campo.

3.2.1. Fichas de avaliação de campo

3.2.1.1. Análise dos movimentos de massa em solo e rocha

As planilhas de campo utilizadas foram produzidas com base no Ministério das Cidades/IPT (2007) com o intuito de determinar zonas com potencial para acidentes decorrentes dos processos abordados neste trabalho. As orientações indicam que a avaliação de taludes rochosos se difere significativamente daquela dos taludes de solo devido aos parâmetros mecânicos mais resistentes das rochas. Contudo, a princípio foram coletadas informações como endereço, e referências do (a) proprietário (a) das moradias avaliadas (quando possível), assim como coordenadas geográficas, data, hora e condições climáticas no momento da aquisição dos dados. Os passos iniciais de cadastro foram adotados tanto para taludes de solos, quanto para taludes rochosos.

O cadastramento das fichas de taludes de solo foi iniciado pela caracterização do local e considerou: o tipo do talude (natural ou alterado - talude de corte ou de aterro), o tipo de material (solo, aterro, rocha), a presença de materiais (lixo, entulho, bananeiras, entre outros). Além disso, são considerados três elementos essenciais: a altura e a inclinação do talude e a distância da moradia ao topo ou base do talude. O documento produzido pelo Ministério das Cidades/IPT (2007) auxilia na otimização da avaliação (Figura 21) e pode ser consultado integralmente seguindo a referência apresentada.

Figura 21: Ficha cadastral para taludes de solo.

<p>2º Passo – Caracterização do local</p> <p>Instruções: Descrever o terreno onde está a moradia. Marque com um "X" a condição encontrada. Antes de preencher dê um "passeio" em volta da casa. Olhe com atenção os barrancos (taludes) e suba neles se for necessário.</p>				
<p>() Encosta Natural</p> <p>altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque com "x" o desenho que apresenta a condição mais parecida com a situação)</p>				
<p>() Talude de corte</p> <p>altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque com "x" o desenho que apresenta a condição mais parecida com a situação)</p>				
<p>Dist. da moradia: ____ m da base da encosta/talude</p>				
<p>Distância da moradia ao à base do talude de corte</p>				

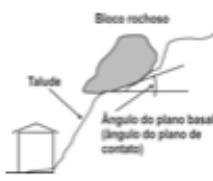


Fonte: Ministério das Cidades/IPT (2007).

Outros critérios envolvem o entendimento da percolação da água no local (águas pluviais ou servidas, sistema de drenagem superficial, vazamentos nas tubulações da moradia, disposição do esgoto, entre outros), da vegetação (a ausência pode induzir movimentações) e de sinais de instabilidade. Após a obtenção desses dados pôde ser realizada a caracterização do movimento de massa, assim como a determinação preliminar do risco (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

As fichas de cadastramento de taludes rochosos e blocos rochosos (Figura 22) considera que a instabilidade nesses locais pode ser determinada por fatores como: tipo de rocha, grau de alteração, forma geométrica dos blocos rochosos, descontinuidades, entre outros. Essas análises envolvem: o tipo de talude (rochoso ou imerso no solo), a localização dos blocos rochosos, as relações de contato entre os blocos de rocha, o grau de alteração, a forma geométrica, a dimensão dos blocos, a estrutura das rochas (e.g. fraturas), entre outros. Adicionalmente, foram

determinados o tipo de movimento de massa potencial e o grau de risco preliminar, como será abordado posteriormente (Ministério das Cidades/IPT, 2007).

Figura 22: Ficha cadastral para taludes rochosos.

CADASTRO E AVALIAÇÃO DE RISCO DE ROCHAS		1/2
VISTORIA TÉCNICA PARA BLOCOS ROCHOSOS		Cadastro _____
EM ENCOSTAS		Número _____
LOCALIZAÇÃO:		DATA: ____/____/200__
1. Tipologia		
TALUDE ROCHOSO		TALUDE EM SOLO
A) VERTICAL <input type="checkbox"/> (80 A 90) B) INCLINADO <input type="checkbox"/>		A) VERTICAL <input type="checkbox"/> (80 A 90) B) INCLINADO <input type="checkbox"/>
2. Localização dos blocos rochosos		
A) IMERSO NO SOLO <input type="checkbox"/>		B) DEPOSITADO NO TOPO/FACE DO TALUDE DE SOLO <input type="checkbox"/>
A) FAZ PARTE DO TALUDE EM ROCHA <input type="checkbox"/>		B) DEPOSITADO NO TOPO/FACE DO TALUDE EM ROCHA <input type="checkbox"/>
3. Condições de contato do(s) bloco(s) rochoso(s)		
1. Rocha/Rocha		2. Rocha/Solo
A) INCLINADO <input type="checkbox"/> B) CONTATO LISO <input type="checkbox"/>		A) SOLO SECO <input type="checkbox"/> B) SOLO SATURADO <input type="checkbox"/> C) EROSIÃO NO CONTATO <input type="checkbox"/>
4. Ângulo do Plano basal (GRAUS)		
A) 0 - 15 <input type="checkbox"/>	A) 15 - 35 <input type="checkbox"/>	C) MAIOR QUE 35 graus <input type="checkbox"/>
		5. Condições de equilíbrio estático
		A) 70% EM CONTATO <input type="checkbox"/> B) > 70% EM CONTATO <input type="checkbox"/>
		6. Condições de alteração do material
A) <input type="checkbox"/>		A) MÉDIO A POUCO ALTERADO <input type="checkbox"/>
B) MUITO ALTERADO <input type="checkbox"/>		B) DESAGREGA MANUAL <input type="checkbox"/>
		
Talude em solo (talude inclinado)		Talude e rocha vertical ou subvertical

Fonte: Ministério das Cidades/IPT (2007).

3.2.1.2. Análise dos Processos Hidrológicos

Para a análise dos processos hidrológicos em Estrela do Sul foram utilizados os dados obtidos do mapeamento prévio, que envolveu a identificação das principais drenagens pluviais e a pré-setorização realizada no *Google Earth* e no QGIS. As fichas de cadastro para essas áreas contêm campos específicos para identificação de dados centrais: endereço das moradias, data e hora, condições climáticas, nome dos residentes (quando possível), entre outros elementos (Quadro 3).

Foi dada uma atenção especial à distância entre as residências e as drenagens, aos tipos de estruturas afetadas, ao nível de periculosidade e vulnerabilidade das moradias. Segundo o

Ministério das Cidades/IPT (2007), o nível de periculosidade leva em consideração a distância das casas em relação ao eixo da drenagem, além da classificação e do raio de alcance do processo e a vulnerabilidade considera o padrão construtivo existente.

Quadro 3: Ficha para o cadastramento dos setores que envolvem riscos associados a processos hidrológicos.

FICHA CADASTRAL DE CAMPO – PROCESSOS HIDROLÓGICOS	
nº da ficha: _____	Data: ___/___/___ Hora: _____
Logradouro: _____	
Bairro: _____	nº: _____ Referência: _____
Nome do morador: _____ Tel/Cel: () _____	
Coordenadas: X: _____	Datum: _____
Y: _____	Tempo: () Seco () Úmido () Chuvoso
Estação do ano na época de análise: () verão () outono () inverno () primavera	
Tipo de moradia: () madeira () alvenaria () mista () pau a pique	
Ocorre alagamento? () Sim () Não	Ocupação: () Regular () Irregular
Estruturas de contenção? () Sim () Não Se sim, qual a altura: _____	
Distância da moradia em relação à planície de inundação: () $d < 2\text{ m}$ () $2 < d < 4\text{ m}$ () $4 < d < 6\text{ m}$ () $6 < d < 10\text{ m}$ () $d > 10\text{ m}$ () alta periculosidade (P1) ¹ ¹ alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo; () baixa periculosidade (P2) ² ² baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.	
Estruturas afetadas () ruas/ vias () residências () canaletas de drenagem () outras infraestruturas	
Erosão () laminar (superficial) () sulcos (profundidade de até 0,5 m) () ravinas (profundidades maior que 0,5 m) () voçoroca (atinge o lençol freático) () ausente	
Há indícios de assoreamento na drenagem () Sim () Não	
Há despejo de lixo nas redondezas? () Sim () Não	
Moradia está em terraço fluvial? () Sim () Não Retrabalhamento? () Sim () Não	
Recorrência ao longo a cada ano () 2 () 3 () > 5	
Registro de perdas materiais? () Sim () Não Se sim, qual (is): _____	
Existem construções abandonadas às proximidades da drenagem? () Sim () Não	
Vulnerabilidade da ocupação urbana: () alta vulnerabilidade de acidentes (V1)* () baixa vulnerabilidade de acidentes (V2)**	
* baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira, madeirite e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos; ** médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.	
Níveis de risco preliminar () risco muito alto (R4) () risco alto (R3) () risco médio (R2) () risco baixo (R1)	
Informações adicionais	

3.3. Delimitação das áreas de risco

As pranchas de setorização das áreas de risco, como ilustra o exemplo na Figura 23, foram geradas utilizando o modelo atribuído às pesquisas realizadas pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). De acordo com Facuri (2016), o processo de setorização consiste na construção de polígonos delimitadores de áreas de encostas ou planícies fluviais que apresentam potencialidade ou ocorrência dos processos aqui discutidos.

Em geral, as pranchas devem ser produzidas em formato A3 sendo constituídas por uma foto de satélite principal, que retrata a área de interesse e a delimitação da área de risco alto ou muito alto, referentes às porções que envolvem o polígono. As fotografias de campo são inseridas nesta seção, assim como a descrição do setor mapeado, o tipo de movimentação ou processo hidrológico, a quantidade de residências e moradores possivelmente atingidos e as sugestões ao poder público para solução ou mitigação (Facuri, 2016).

Figura 23: Modelo de prancha de setorização de áreas de risco.



Fonte: CPRM (2012).

3.4. Determinação dos graus de risco

Segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007), para a determinação da probabilidade de ocorrência de um processo associado aos movimentos de massa é necessário possuir

informações sobre os seguintes parâmetros: padrão e qualidade da construção (alvenaria ou madeira), tipo de talude (naturais, de corte ou aterro), distância do domicílio em relação ao topo e à base do talude investigado, inclinação dos taludes, ocorrência de água infiltrada no talude e identificação de movimentações pretéritas. Todos esses dados foram obtidos na etapa de campo.

Nem sempre será possível identificar sinais visíveis de movimentação, por este motivo espera-se que num cenário no qual os dados demonstrem que a área apresenta algum tipo de risco mais elevado, deve-se caracterizá-la como médio a alto risco, mantendo-a em permanente observação. Reitera-se que a avaliação é subjetiva e pode variar a depender do procedimento adotado por um ou outro profissional. O Quadro 4 ilustra como é determinado o grau de risco para os movimentos de massa.

Quadro 4: Classificação do grau de probabilidade para a ocorrência de movimentos de massa, partindo do baixo risco ao risco muito alto.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo ou Sem Risco	1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento. 3. mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. observa-se a presença de significativo(s) sinal/ feição/ evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento , ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito Alto	1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento.

	3. mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
--	---

Fonte: Modificado de Ministério das Cidades/IPT (2007).

A determinação do grau de risco associado a processos hidrológicos está condicionada a avaliação de três critérios principais: a identificação do cenário hidrológico e o potencial destrutivo, a vulnerabilidade da ocupação em contexto urbano e o nível de periculosidade relacionado ao raio de impacto do evento (Ministério das Cidades/IPT, 2007). A partir disso, podem ser determinados os graus de probabilidade, como descrito no Quadro 5.

Quadro 5: Classificação dos graus de risco a processos hídricos.

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo ou Sem Risco	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos e baixa frequência de ocorrência (não há registro de ocorrências significativas nos últimos 5 anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos , média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos 5 anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos , média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade .
R4 Muito Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos , principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (pelo menos três eventos significativos nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade .

Fonte: Modificado de Ministério das Cidades e IPT (2004).

3.5. Desenvolvimento da Monografia

Após a conclusão das atividades de campo, foi realizada uma revisão dos setores que foram subdivididos em comparação com a etapa prévia ao campo. Desse modo, novas expedições de campo foram realizadas para validar ou corrigir os dados coletados. Com base nesse processo, o mapa de setorização (Mapa Índice) para movimentos de massa e processos hidrológicos na cidade de Estrela do Sul foi produzido de forma definitiva.

Nesta fase foi elaborada a monografia, levando em consideração os resultados obtidos, as discussões realizadas, as conclusões alcançadas e as recomendações pertinentes ao tema.

4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS GERAIS

4.1. Geologia Regional

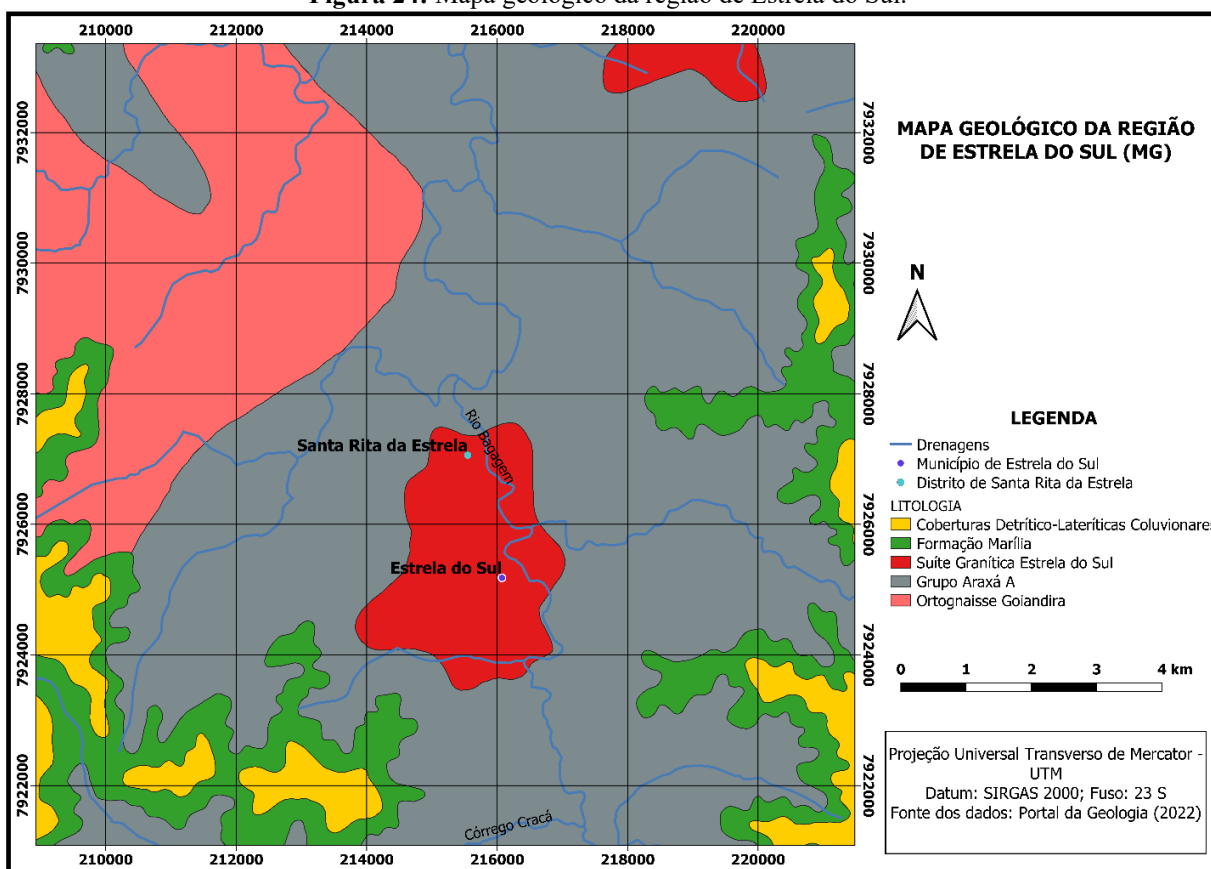
A região de Estrela do Sul encontra-se dentro do contexto geotectônico da Faixa de Dobramentos Brasília, na Província Tocantins, e da Bacia Sedimentar do Paraná. As principais unidades estratigráficas expostas na área são, da base ao topo: Ortognaisse Goiandira, Grupo

Araxá, Complexo Monte Carmelo, Suíte Granítica Estrela do Sul, formações Botucatu, Serra Geral e Marília (Bacia do Paraná) e Coberturas Coluvionares Detrítico-Lateríticas (Seer; Moraes, 2017). O mapeamento geológico realizado por Chaves e Dias (2017) posiciona localmente o município de Estrela do Sul dentro do contexto da Suíte Granítica Estrela do Sul, porém durante a execução deste projeto foram identificadas além dessa unidade rochas pertencentes ao Grupo Araxá.

O Grupo Araxá é uma sequência metassedimentar disposta em faixa com orientação NW-SE, que se estende do sul de Minas Gerais até porções meridionais do estado de Tocantins (Barbosa et al., 1970b). É composto principalmente por quartzito micáceo, quartzo-mica xisto, micaxisto e está associado a clorita-anfíbólio xisto e clorita xisto (Dardenne, 2000).

A Suíte Granítica Estrela do Sul é uma unidade intrusiva sincolisional com idade estimada entre 642 e 630 Ma. Trata-se de corpos graníticos que intrudiram as rochas metassedimentares do Grupo Araxá, apresentando uma forma elíptica (Figura 24). Essas rochas são equigranulares, de coloração acinzentada, e são compostas principalmente por quartzo, ortoclásio, microclínio, oligoclásio, biotita e muscovita (Chaves; Dias, 2017).

Figura 24: Mapa geológico da região de Estrela do Sul.



Fonte: Modificado de Chaves e Dias (2017).

4.2. Clima

A Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é caracterizada pela alternância entre invernos secos e verões chuvosos. As temperaturas médias no inverno e verão são de aproximadamente 20 °C e 23,9 °C, respectivamente (Novais, 2011). A média anual de precipitação é de 1480 mm, concentrada principalmente entre os meses de outubro a março. Os volumes anuais de chuva podem variar devido à ampla distribuição espacial da área. O período entre abril e setembro caracteriza a estação seca (Santos; Ferreira, 2016).

4.3. Hidrografia

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), a região de Estrela do Sul está localizada na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba. O rio Bagagem e seus afluentes, o Rio Perdizes como tributário mais expressivo, contribuem para a bacia do rio Paranaíba, passando pelos municípios de Cascalho Rico, Estrela do Sul, Grupiara, Iraí de Minas, Monte Carmelo, Nova Ponte, Romaria e Patrocínio (ANA, 2010). Além disso, de acordo com Chaves e Dias (2017), esse sistema hidrográfico auxilia na dissecação das unidades cretáceas e do embasamento representado pelo limite entre a Bacia Sedimentar do Paraná e a Faixa Brasília. O rio Bagagem, mesmo que encaixado, apresenta elevado potencial para a exploração de diamantes, especialmente nos terraços fluviais.

4.4. Geomorfologia

Numa perspectiva morfoestrutural proposta por Ross (1989) e que considera que o relevo é resultado da interação de elementos geotectônicos e climáticos, percebe-se que a região estudada pode ser caracterizada dessa maneira. Novais (2011) entende que o domínio morfoestrutural é definido pela Faixa Brasília e coberturas sedimentares associadas. Na Faixa Brasília são comuns escarpas assimétricas como resultado da ocorrência de falhamentos e as drenagens tendem a ser encaixadas por fraturas antigas. Nas coberturas sedimentares ocorrem principalmente feições tabulares escalonadas.

O mapa hipsométrico da área de estudo, disponível na seção de [ANEXOS I](#), demonstra as variações expressivas na altimetria da região (890 – 719 m). Além disso, na malha urbana dominam as cotas mais reduzidas associadas à zona de influência do rio Bagagem e seus tributários. As áreas mais elevadas condizem com declividades mais pronunciadas.

4.5. Cobertura pedológica

A variedade pedológica na região de Estrela do Sul é resultado, especialmente, da diversidade litológica, geomorfológica e climática existente. Motta, Baruqui e Santos (2004) definiram que nas proximidades da mancha urbana de Estrela do Sul predominam dois tipos de solos: Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe6) e Cambissolos Eutróficos e Distróficos (CXbe2). Além disso, segundo os autores, a região é envolvida por porções de Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), Latossolo Amarelo Ácrico (LAW1) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe2).

4.6. Vegetação

O Cerrado brasileiro, classificado também como savana tropical, é uma das regiões com maior diversidade vegetal do planeta, estando sujeito a intervenções antrópicas desde 1970 pelo avanço da produção agrícola, o que dificulta os esforços de conservação do bioma (Santos, Miranda, Silva Neto, 2020). Neste contexto, o Alto Paranaíba é caracterizado pelo predomínio de formações florestais diversificadas, sendo abundantes às formações campestres nas quais não existe uniformidade entre espécies arbustivas e herbáceas, que ocorrem como estratos de até 4 metros (Motta, Baruqui, Santos, 2004).

5. RESULTADOS

Com a setORIZAÇÃO de riscos na cidade de Estrela do Sul, foram delimitados treze setores relacionados aos processos hidrológicos e aos movimentos de massa. A síntese dos pontos avaliados está distribuída no Quadro 6. Recomenda-se que a análise das informações apresentadas neste capítulo seja acompanhada da leitura das pranchas de setORIZAÇÃO disponíveis na seção de [ANEXOS II](#). O código de cada setor foi definido da seguinte forma: MG (Minas Gerais), ES (Estrela do Sul), SR (Setor), seguido do respectivo número. A distribuição espacial conjunta desses setores pode ser avaliada, a partir dos mapas índice na seção de [ANEXOS III](#).

Quadro 6: Relação dos setores de risco geológico e hidrológicos amostrados na zona urbana de Estrela do Sul (MG).

Código do Setor	Grau de Risco	Coordenadas de referência*		Tipologia	Logradouro	Número aproximado de imóveis
		Longitude	Latitude			
MG_ES_SR_01	Alto	215872	7926652	Alagamento	Rua Bahia/ Rua Mato Grosso	7
MG_ES_SR_02	Alto	216159	7925486	Enchente	Rua Araguaí	5

MG_ES_SR_03	Alto	216411	7925474	Inundação	Rua Benedito Valadares/ Rua Uberlândia	12
MG_ES_SR_04	Alto	216452	7925974	Enchente	Rua Olímpio Braguinha	1
MG_ES_SR_05	Muito Alto	215532	7927504	Deslizamento	Rua Major Teodoro/ Rua da Palha	2
MG_ES_SR_06	Alto	216400	7925974	Deslizamento	Rua Olímpio Braguinha	4
MG_ES_SR_07	Médio	216434	7925224	Enchente	Rua Dona Beja	1
MG_ES_SR_08	Médio	215517	7927568	Enchente	Rua Major Teodoro	1
MG_ES_SR_09	Médio	216902	7925303	Solapamento de margem	<i>Sem dados</i>	4
MG_ES_SR_10	Médio	216028	7925157	Rolamento de blocos	Rua Elias Teotônio	6
MG_ES_SR_11	Médio	216882	7925304	Deslizamento	Rua Joaquim Hermínio Nascimento	3
MG_ES_SR_12	Médio	215832	7926389	Deslizamento	Avenida Manoel Coelho de Resende	12
MG_ES_SR_13	Médio	216477	7926022	Rastejo/Deslizamento	Rua Olímpio Braguinha/ Rua João Batista Bacelar	4

* Sistema de Coordenadas em coerência com o Sistema Geodésico Brasileiro e do Sistema Cartográfico Nacional (SIRGAS 2000). Para a área de estudo adota-se o fuso 23 S.

5.1. Caracterização dos setores de risco alto associados a processos hidrológicos

Foram classificados quatro setores de risco alto, sendo que dois envolvem enchentes, um inundação e outro alagamento.

5.1.1. Setor MG_ES_SR_01

O setor MG_ES_SR_01 representa uma área marginal a um afluente do rio Bagagem com ocupações irregulares, pois trata-se de uma Área de Preservação Permanente (APP). (ver [PRANCHA 1](#)). Trata-se de imóveis de baixa vulnerabilidade a processos hidrológicos mais intensos, em razão principalmente das construções de alvenaria (Figura 25A e 25C). Contudo a proximidade com o curso d'água pode resultar em problemas que envolvem, perdas materiais importantes. As residências se encontram a menos de 2 metros do curso d'água, caracterizando alta periculosidade, devido à elevada possibilidade de impacto direto devido ao raio de alcance do processo.

As avaliações realizadas em campo apontam que a distância das moradias em relação ao talvegue da drenagem é o ponto de maior preocupação. Em razão de eventos pretéritos, foram instalados muros de contenção (figuras 25A e 25B), a fim de reduzir o impacto das águas nas margens do rio em momentos de cheia.

De acordo com coordenador da Defesa Civil do município, neste local foram executadas obras de infraestrutura importantes em razão dos alagamentos das moradias próximas à drenagem, como a instalação de um canal adutor que passa por baixo da rua, canalizando a drenagem e a instalação de bueiro na rua lateral ao curso d'água (Figura 25D).

Embora os alagamentos não sejam constantes, destaca-se que a presença de entulho e lixo dentro do curso d'água e em suas margens (figuras 25E e 25F) pode provocar o assoreamento e baixa capacidade de armazenamento na calha do rio, gerando o transbordamento de suas águas até mesmo com baixas precipitações. Outro problema está relacionado às redes de abastecimento de água doméstica e ao lançamento de esgoto que tendem a desestabilizar as margens.

Este setor foi classificado como risco alto de alagamento e solapamento de margem. Não foi possível estimar o número de residentes, contudo existem 7 imóveis em situação de risco.

Figura 25: A. Residências irregulares estrangulam a drenagem. B. Muro de contenção ao lado da moradia. C. Imóveis construídos a poucos metros do córrego. D. Bueiro construído para conter os alagamentos recorrentes no setor. E. e F. Presença de lixo e entulho dentro do corpo d'água.





Fonte: O Autor.

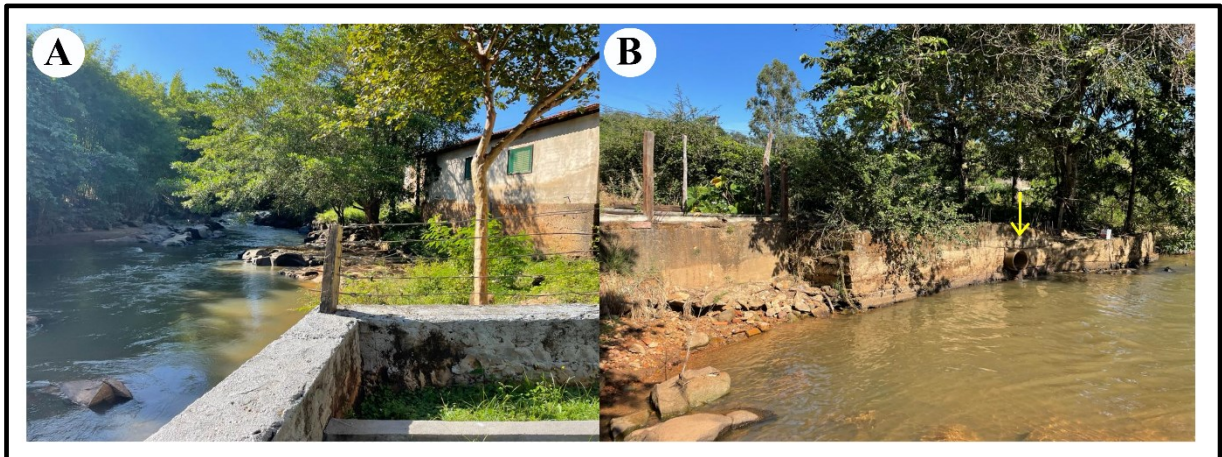
5.1.2. Setor MG_ES_SR_02

O setor MG_ES_SR_02 representa uma área que, segundo os moradores, já esteve sujeita diversas vezes ao transbordamento do rio Bagagem, o que teria resultado na destruição de casas e estabelecimentos próximos em algumas ocasiões. Atualmente, trata-se de uma área exclusivamente comercial na qual a instalação de muros de contenção reduziu a ocorrência de novos transbordamentos neste local (Figura 26A). Mesmo que sejam estabelecimentos de baixa vulnerabilidade em relação ao padrão construtivo, chuvas volumosas têm alto potencial de causar danos devido ao aumento repentino da vazão da drenagem. (ver [PRANCHA 2](#)). As moradias se encontram entre 2 e 4 metros do leito do rio Bagagem, caracterizando uma zona de alta periculosidade devido ao raio de alcance do processo.

A Figura 26B mostra a ocorrência de tubulações que lançam diretamente o esgoto e as águas pluviais no rio. Além de apresentar risco à saúde da população, efluentes contribuem para a poluição de suas águas.

O setor foi classificado como risco alto para enchentes com 5 imóveis em situação de risco e quantidade não definida de pessoas afetadas.

Figura 26: A. Vista do rio Bagagem a partir de um empreendimento localizado no setor. B. Encanamento de esgoto em contato direto com a drenagem.



Fonte: O Autor.

5.1.3. Setor MG_ES_SR_03

O setor MG_ES_SR_03 é uma clara ilustração do cenário no qual se encontram diversas moradias dispostas às margens do rio Bagagem em Estrela do Sul que são Áreas de Proteção Permanente (Figura 27A). Como pode ser observado na [PRANCHA 3](#), os domicílios muitas vezes têm seus quintais em contato quase direto com as águas do rio Bagagem (figuras 27B, 27C e 27D). Embora sejam construções que apresentam baixa vulnerabilidade construtiva, os impactos em casos de cheias podem representar riscos à vida humana e aos bens materiais dessas populações.

O lançamento irregular do esgoto doméstico também foi observado nessa área, além da presença de entulho e lixo às margens do rio, aumentando ainda mais o impacto de possíveis inundações ou enchentes.

O setor foi classificado como de risco alto para inundação com 12 imóveis em situação de risco e quantidade não definida de pessoas afetadas.

Figura 27: **A.** Residência a poucos metros do curso d'água. **B.** Vista de moradia sujeita à influência da subida do nível d'água. **C.** Contexto paisagístico das margens do rio Bagagem. **D.** Nota-se a ausência de barreiras de contenção e o contato direto dos quintais com o curso d'água.



Fonte: O Autor.

5.1.4. Setor MG_ES_SR_04

O setor MG_ES_SR_04 é caracterizado por uma moradia situada a 4 metros do rio Bagagem, estando muito suscetível ao transbordamento do rio em períodos chuvosos (ver PRANCHA 4). Apesar do domicílio apresentar baixa vulnerabilidade construtiva e, portanto, durante processos hidrológicos tem boa capacidade para resistir aos impactos gerados (figuras 28A e 28B), pode ser caracterizado como de alta periculosidade, devido reduzida distância da casa em função do rio. Assim como em diversas áreas do município, não existe tratamento de esgoto de modo que é disposto irregularmente neste ponto. O setor foi classificado como risco alto de enchente e o número de moradores não foi contabilizado.

Figura 28: A. Vista de residência localizada a 4 metros da drenagem. B. Vista do leito do rio Bagagem.



Fonte: O Autor.

5.2. Caracterização dos setores de risco alto e muito alto associados a movimentos de massa

Os dois setores classificados como áreas de risco muito alto e alto, respectivamente, e estão relacionados à ocorrência de deslizamentos.

5.2.1. Setor MG_ES_SR_05

O setor MG_ES_SR_05 foi caracterizado como uma zona de risco muito alto (ver [PRANCHA 5](#)) devido a presença de um talude de corte com altura aproximada de 5 metros e declividade subvertical muito próximo às moradias, com distâncias entre 2 e 4 metros (Figuras 29A, 29B e 29C).

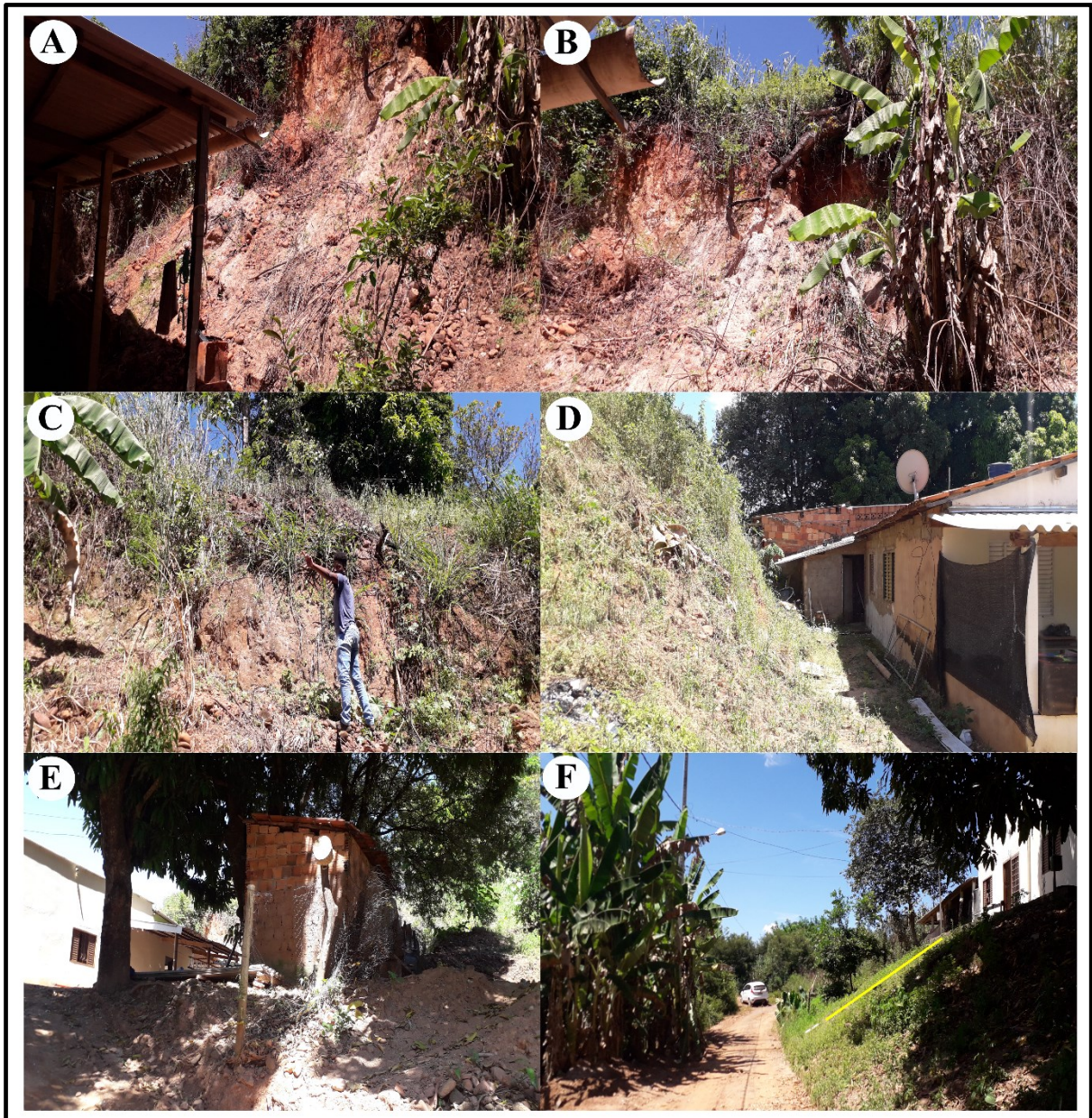
O local apresenta sinais de movimentação como o material coluvionar acumulado entre o talude e as residências, composto por solo e cascalhos. Um dos moradores afirmou que antigamente o talude foi escavado à procura de diamantes. Neste talude foram encontrados materiais associados ao xisto e ao granito que correspondem, respectivamente, às porções de solo/saprolito avermelhado e esbranquiçado (Figuras 29A e 29B). O material avermelhado de alteração do xisto, é composto essencialmente por muscovita, quartzo, caulinita e matéria orgânica associada. O solo/saprolito esbranquiçado é composto por minerais em estágio de alteração como quartzo, caulinita, muscovita e granada. A diferença de permeabilidade entre os materiais e presença de veios de quartzo no talude podem potencializar a movimentação do talude.

Não existe cobertura vegetal em grande parte do talude. Além disso, foram encontradas bananeiras nas porções medianas, que podem contribuir para a saturação do solo e causar movimentos de massa (Figura 29B). Foi identificada outra moradia na vizinhança que apresenta

um talude a três metros de distância (Figura 29D). As figuras 29E e 29F ilustram a paisagem dos arredores. Na Figura 29F é possível perceber a presença de tubulação no talude de aterro.

Este setor foi classificado como risco muito alto de deslizamento com 2 imóveis em risco e quantidade indefinida de moradores.

Figura 29: A. Talude de corte inclinado com evidência de materiais movimentados em direção à moradia. B. Presença de bananeiras na média encosta. C. Nota-se a pequena distância entre o domicílio e o talude. D. Visão lateral do talude de corte. E. e F. Caracterização da paisagem ao redor. Algumas porções possuem tubulação de água expostas em contato com os taludes (traçado amarelo).



Fonte: O Autor.

5.2.2. Setor MG_ES_SR_06

O setor MG_ES_SR_06 representa um cenário no qual taludes de corte representam risco alto para as moradias ao redor (ver PRANCHA 6). Em campo observou-se que estes

taludes de corte, na maioria dos casos, apresentam solos intemperizados (figuras 30A e 30B) e encontram-se muito próximos às edificações (Figura 30C). Esses solos e saprolitos têm origem nos xistos do Grupo Araxá que afloram na região intercalados com os granitos da Suíte Granítica Estrela do Sul. A xistosidade reliquiar desses materiais tende a formar planos que, ao se movimentarem, podem levar ao deslizamento tipo planar ou em cunha.

O talude tem cerca de 4 metros de altura e as moradias estão construídas à menos de 2 metros e não existem estruturas de contenção (Figuras 30C e 30D). A associação do tipo material e a proximidade das moradias ao talude são elementos que condicionaram a classificação deste setor como risco alto, envolvendo 4 moradias e número indeterminado de moradores.

Figura 30: A. Visão do talude próximo aos domicílios. B. Notar a altura do talude de corte. C. Talude próximo a moradia. Percebe-se a continuidade do corte nessa área. D. Vista do talude a partir da rua.



Fonte: O Autor.

5.3. Caracterização de áreas passíveis de monitoramento: setores de risco médio

Os setores classificados como de médio risco devem ser enquadrados como áreas a serem monitoradas, considerando que as condições atuais de estabilidade de taludes ou das margens de rio podem ser alteradas por ações antrópicas ou naturais ao longo do tempo e

necessitam de medidas para que não se transformem em setores de risco alto ou muito alto (CPRM, 2019).

5.3.1. Setor MG_ES_SR_07

O setor MG_ES_SR_07 está localizado no Balneário Dona Beja (ver [PRANCHA 7](#)), que é utilizado diariamente pela população do município para diversas atividades de entretenimento, na margem esquerda do rio Bagagem (Figuras 31A, 31B, 31C e 31D). De acordo com o coordenador da Defesa Civil, em 1983 uma ponte foi responsável por gerar o represamento das águas do rio durante chuvas intensas que, associadas aos detritos originados na micro bacia, teriam causado seu rompimento e destruição à jusante do local.

A classificação deste setor levou em consideração a proximidade da área de lazer ao rio Bagagem, a quantidade de pessoas que tendem a frequentar o local e a ausência de sistemas de alerta ou indicação de locais para evacuação. A área foi caracterizada como risco médio de enchente.

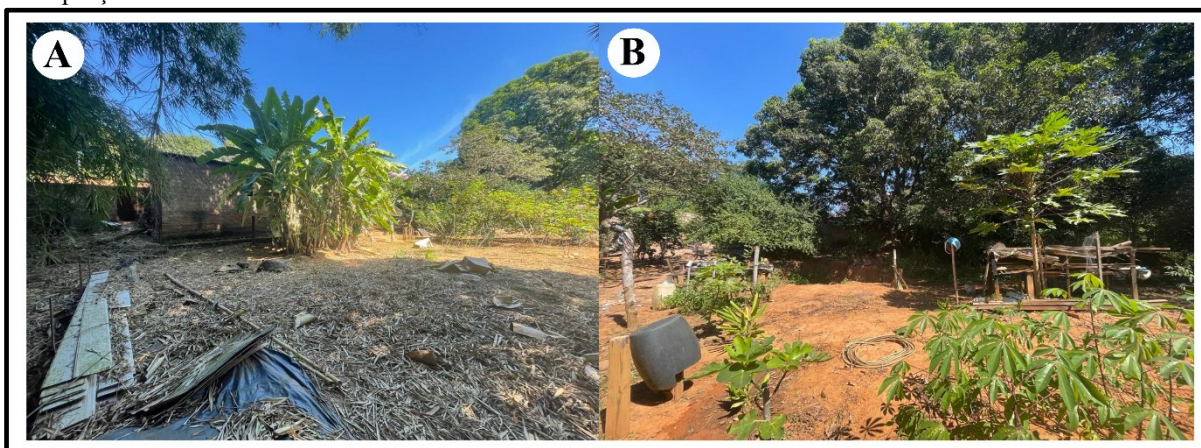
Figura 31: A. Vista do leito do rio Bagagem B. Vista parcial do Balneário Dona Beja. C. Rio Bagagem e a ponte construída posteriormente ao desastre. D. Vista do rio Bagagem.



5.3.2. Setor MG_ES_SR_08

A moradia presente no setor MG_ES_SR_08 encontra-se a mais de dez metros do rio Bagagem (ver PRANCHA 8) (Figura 32A). Segundo o único residente, o nível da água já subiu o suficiente para atingir sua casa diversas vezes. Recentemente, cheias fizeram com que a água invadisse boa parte do quintal, alcançando 1 a 2 metros de altura, porém não houve registro de perdas significativas. (Figura 32B). Nesse setor existe uma tubulação enterrada, que passa por baixo da casa, que lança o esgoto diretamente na drenagem. O setor foi classificado como risco médio de enchente.

Figura 32: A. Moradia localizada a poucos metros da drenagem. B. Quintal da residência: a água do rio alcança essas porções durante chuvas volumosas.



Fonte: O Autor.

5.3.3. Setor MG_ES_SR_09

O setor MG_ES_SR_09 foi delimitado como zona de solapamento das margens do rio Bagagem (ver PRANCHA 9). A presença de moradias nas proximidades da área onde os processos erosivos já foram instalados (Figura 33A), pode representar problemas futuros, já que as oscilações do nível d'água são sazonais e tendem a avançar. A planície de inundação está sujeita à enchente e inundação lentas, devido a área extensa e plana, com baixo gradiente hidráulico (Figura 33B).

O setor foi classificado como risco médio de solapamento de margem, envolvendo 3 imóveis e número indeterminado de moradores.

Figura 33: A. Solapamento do margens do rio Bagagem com residências construídas próximas dessas feições. B. Vista da planície de inundação do rio.



Fonte: O Autor.

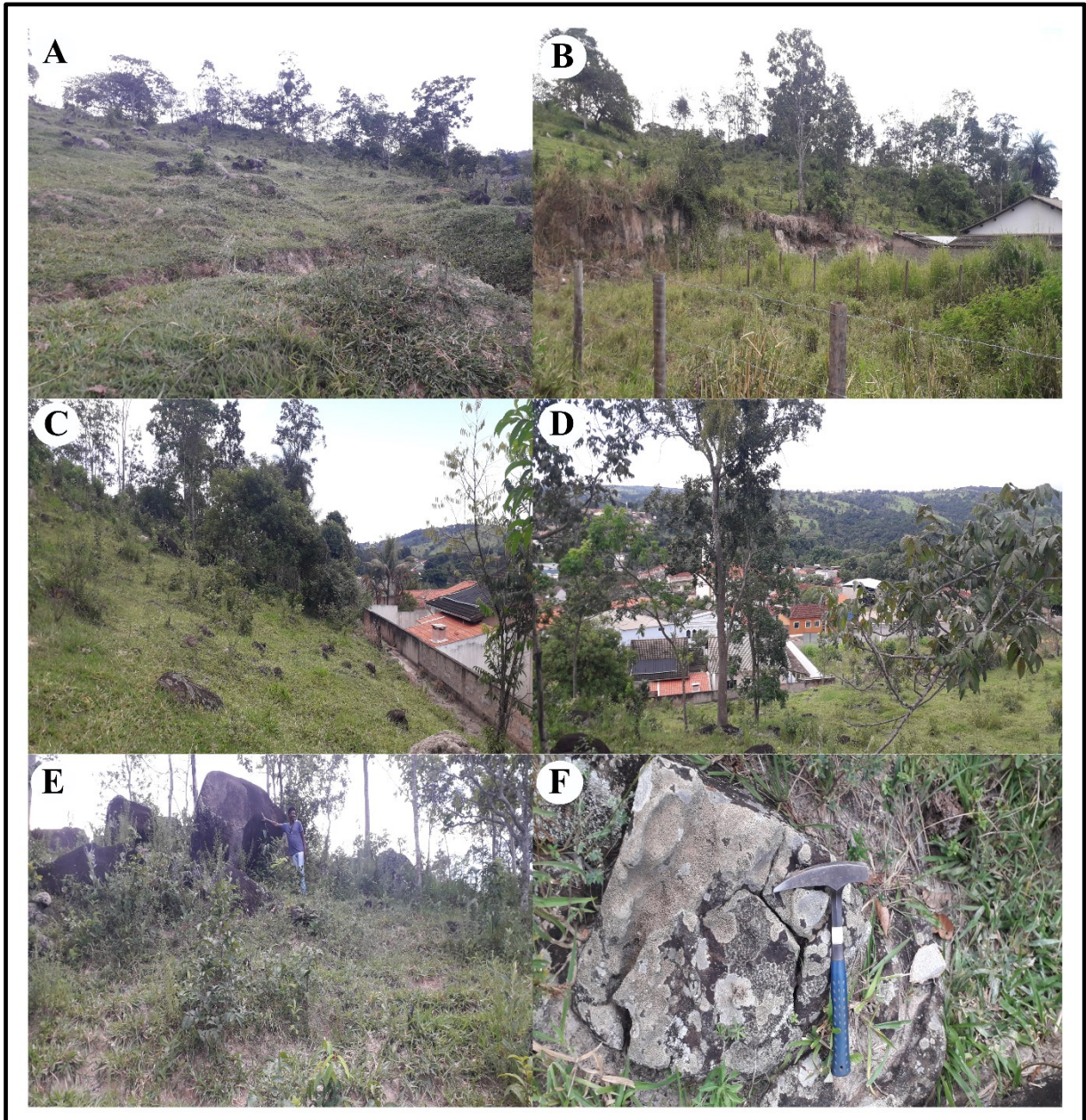
5.3.4. Setor MG_ES_SR_10

O setor MG_ES_SR_10 (ver [PRANCHA 10](#)), está localizado em encosta natural sustentada por rochas graníticas da Suíte Estrela do Sul (Figura 34A). As figuras 34B, 34C e 34D ilustram a configuração da paisagem e a proximidade das residências em relação a encosta. Os imóveis foram construídos a partir de cortes no solo e rochas das porções mais inferiores da encosta. Contudo, a inclinação da vertente e a presença de grandes corpos graníticos ao longo do setor (Figura 34E) caracterizam riscos associados a rolamento de blocos por ação gravitacional.

Na encosta encontram-se imersos corpos de granito que variam de 1 a 3 metros, intensamente fraturados. As fraturas (planos de fraqueza) intensificam o intemperismo dessas rochas.

O setor foi classificado como risco médio de rolamento de blocos, envolvendo 6 moradias e quantidade indefinida de moradores.

Figura 34: A. Visão geral do morrote sustentado por granitos. B. Posição do morrote em relação às moradias localizadas na altura da avenida. C. Inclinação da encosta natural e sua proximidade aos domicílios. D. Vista das porções mais elevadas do morrote. E. Presença de grandes blocos graníticos soltos ou imersos em camada de solo. F. Granito fraturado aflora na vertente.



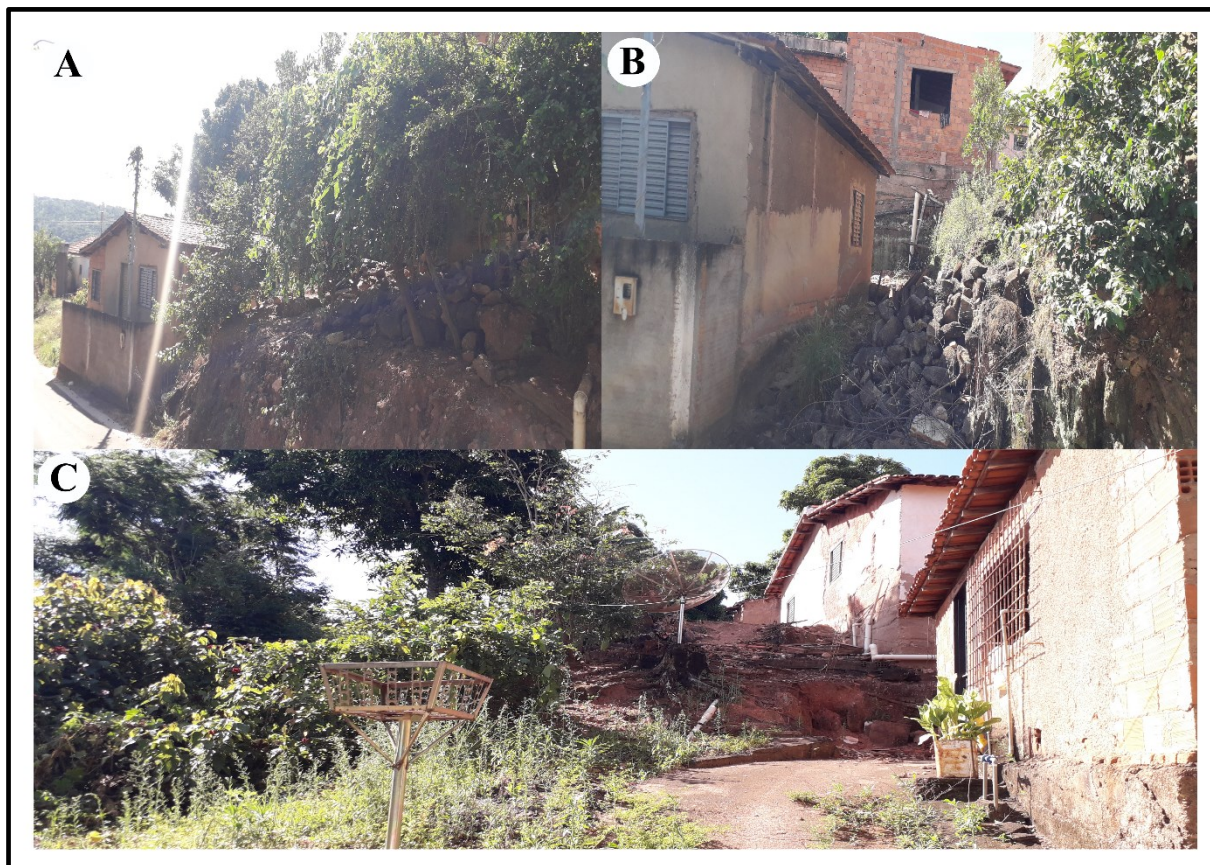
Fonte: O Autor.

5.3.5. Setor MG_ES_SR_11

No setor MG_ES_SR_11 existem moradias construídas sobre taludes de aterro compostos por blocos graníticos, xistos e solo, cortados por encanamentos de água e esgoto (Figura 35A). O mesmo cenário é observado nas figuras 35B e 35C, cujas tubulações podem induzir rupturas nesses aterros, que aparentemente foram construídos sem nenhum tipo de especificação técnica. A configuração do setor em relação ao bairro pode ser visualizada na [PRANCHA 11](#).

A inclinação do talude de aterro e a presença de tubulações irregulares, caracterizam este setor como de risco médio a deslizamento envolvendo 3 imóveis e quantidade indefinida de moradores.

Figura 35: A. Talude de aterro fora dos padrões de segurança. B. Talude próximo a moradia e tubulações de abastecimento expostas. C. Superfície do terreno encontra-se irregular e com encanamentos com potencial para saturar os solos.



Fonte: O Autor.

5.3.6. Setor MG_ES_SR_12

O setor MG_ES_SR_12 abrange diversas residências localizadas na Avenida Manoel Coelho de Resende, como pode ser conferido na [PRANCHA 12](#). As moradias foram construídas em taludes com grande inclinação onde não se observam obras estruturais como, escadas hidráulicas, muros de contenção, tubulações enterradas e retaludamento.

Trata-se de casas construídas de modo irregular (Figura 36A), o que pode possibilitar a ocorrência erosão e movimentos de massa. As figuras 36B e 36C demonstram a existência de vãos entre as moradias, o que permite a percolação descontroladas das águas pluviais e do esgoto lançado irregularmente. Na Figura 36D nota-se uma moradia cujos muros externos são sustentados por xistos, de modo que o corte foi realizado sem nenhum tipo de auxílio técnico.

Em geral, percebe-se que essas encostas podem sofrer rupturas significativas em caso de saturação desses solos (Figura 36E), causados por problemas estruturais nessas moradias ou

pela inclinação mais pronunciada do terreno (Figura 36F). Este setor foi classificado como risco médio de deslizamento envolvendo 12 imóveis e quantidade indefinida de moradores.

Figura 36: **A.** Imóveis construídos em local inadequado. **B.** A separação entre os terrenos pode representar um local de percolação e infiltração de água. **C.** Vê-se vãos existentes entre os domicílios, o que denota a falta de coordenação pública durante as construções. **D. e E.** Talude construído a partir de saprólito de xisto. **F.** Solo em terreno inclinado sustentando as casas acima.



Fonte: O Autor.

5.3.7. Setor MG_ES_SR_13

O setor MG_ES_SR_13 localiza-se num ponto de turismo religioso associado à Igreja Bagaginha situada no topo de uma encosta natural de alta declividade, como pode ser observado na [PRANCHA 13](#). Um dos acessos se dá pela Rua Olímpio Braguinha onde foi instalada uma escadaria sobre o saprólito composto por xisto muito alterado do Grupo Araxá (Figura 37A). Segundo informações dos moradores, por anos a escada foi construída manualmente através da escavação do xisto. Contudo, embora se mantivesse por um tempo as chuvas remobilizavam o

solo e destruíam anualmente a construção. Após intervenções da prefeitura, a escadaria foi reconstruída utilizando cimento.

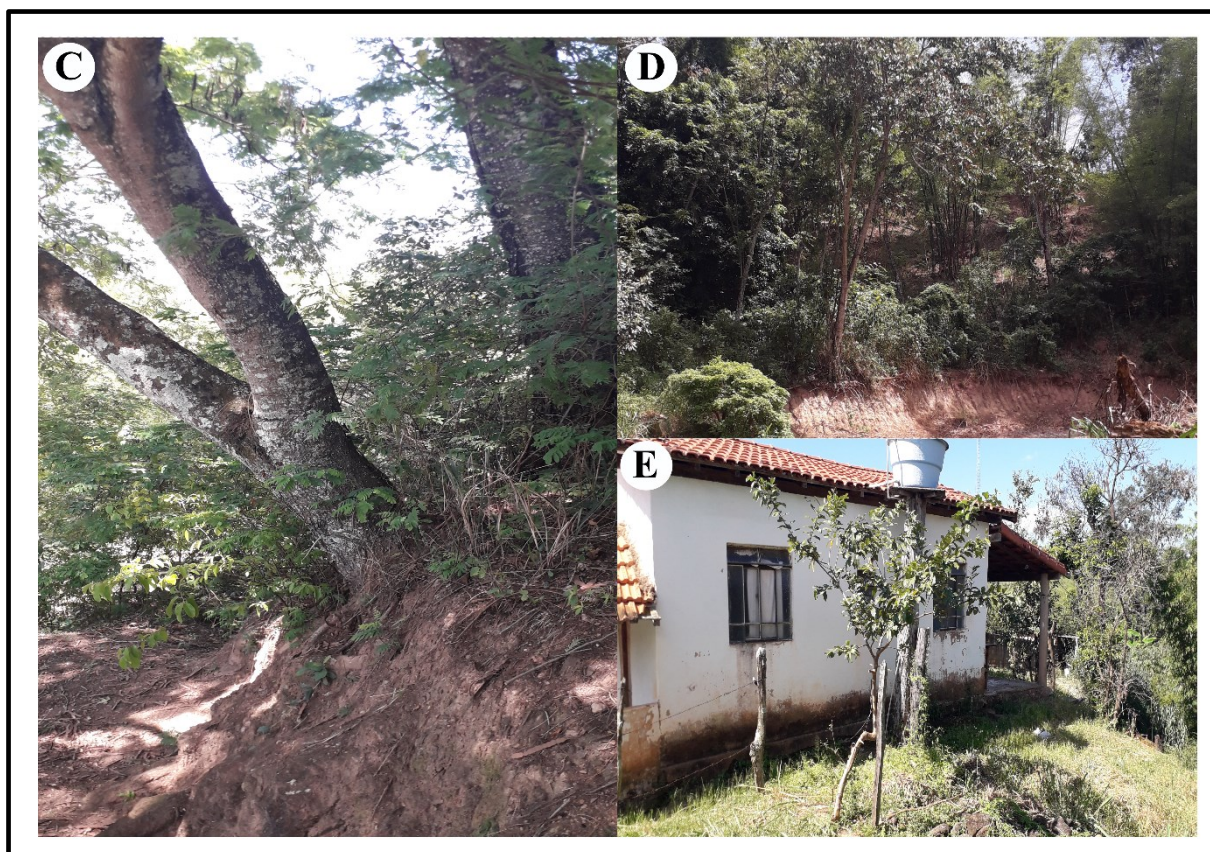
Atualmente, a escadaria encontra-se com trincamentos milimétricos a centimétricos (Figura 37B) e as árvores e cercas ao longo da escada estão inclinadas (figura 37C e 37D), caracterizando a instalação do processo de rastejo, que pode evoluir para deslizamento.

Outro acesso se dá pela Rua João Batista Bacelar no alto da vertente, onde estão localizadas algumas residências com tubulações de água e esgoto expostas, que chegam até a borda do morrote (Figura 37E). Além disso, foi encontrado entulho disposto irregularmente e bananeiras na encosta.

O setor foi classificado como risco médio para rastejo e deslizamento, abrangendo 4 imóveis e número indeterminado de moradores.

Figura 37: **A.** Escadaria utilizada como acesso à igreja. **B.** Presença de trincas na escadaria. **C.** Árvores inclinada na encosta. **D.** A encosta é dominada por árvores de grande porte, parte delas com algum grau de inclinação. **E.** Moradia na margem da encosta.





Fonte: O Autor.

6. DISCUSSÃO

De acordo com Ministério das Cidades/IPT (2007) o gerenciamento de áreas de risco deve ser direcionado conforme três enfoques: eliminação/redução dos riscos, inibição da formação de novas áreas de risco e convivência com os riscos. O primeiro aspecto considera a implantação de medidas estruturais ou remoção das populações afetadas. O segundo admite o controle do uso e ocupação do solo, através de fiscalização e monitoramento. O terceiro está relacionado ao fortalecimento do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), visando criar condições mínimas de segurança.

Kobiyama et al. (2006) entendem que a implantação de medidas preventivas auxilia na redução dos danos físicos e na possibilidade de contrair doenças durante uma inundação ou outros desastres. Neste sentido, cabe ao município o desenvolvimento de procedimentos que envolvam etapas antes, durante e depois da ocorrência de processos hidrológicos diversos.

No caso de Estrela do Sul, estas ações aparentemente não foram colocadas em prática ao longo dos anos e devem ser acompanhadas, entre outros fatores, pela reativação da estação meteorológica do município, pela adoção de sistemas de alerta e pela capacitação da Defesa Civil, o que aumentaria significativamente a segurança da população. Embora o

estabelecimento de medidas preventivas seja essencial é necessário que tais práticas possam ser acompanhadas também pela sociedade civil:

“A participação da sociedade civil foi fundamental para o reconhecimento jurídico do direito à cidade e demonstra a emergência de novos atores nos processos de construção de decisões jurídicas além do Estado com a necessidade de ampliação da cidadania.” (Stangherlin e Ferraresi, 2021, p. 18)

A intensificação dos fenômenos relacionados às mudanças climáticas pode causar sérios danos às populações que ocupam áreas de risco (Tominaga; Santoro; Amaral, 2015). A iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU) denominada “17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS) envolve 169 metas para a solução de problemas comuns no mundo até 2030 de maneira integrada e indivisível. Dentre esses objetivos está o ODS 13 que responde em favor de ações contra a mudança global do clima. O projeto pretende criar condições de adaptação sustentável aos riscos climáticos e aos desastres naturais (Nações Unidas Brasil, 2015).

Embora essas iniciativas sejam animadoras, deve-se levar em consideração que, em todo o mundo, grande parte das cidades menores sofre com problemas financeiros causados pelo baixo repasse governamental ou pela menor arrecadação, o que impossibilita o investimento em infraestruturas adequadas. De acordo com UNEP (2019), aproximadamente 60% da população mundial estará em aglomerações urbanas, de modo que as favelas e periferias serão as mais afetadas pelas mudanças demográficas e climáticas. É neste cenário que se enquadra a cidade de Estrela do Sul que deve adotar instrumentos que impeçam a recorrência desses eventos, especialmente nas áreas mais vulneráveis. Entre esses instrumentos está a solicitação de verbas para o estado e a União para a correção dos déficits estruturais existentes.

É neste mesmo sentido que Stangherlin e Ferraresi (2021, p. 21 -22) destacam:

“Nesse cenário, projetos e políticas públicas debatidos com a população local são fundamentais para mitigação de tais eventos, bem como, para que prejuízos materiais e humanos sejam evitados. A utilização da inovação tecnológica, a adaptação e exibibilidade de estruturas, o aperfeiçoamento de instrumentos de participação direta da sociedade nas decisões do planejamento urbano, serão fundamentais para que as cidades do futuro sejam modelos de cidades resilientes e sustentáveis preparadas para enfrentar os desafios que se colocam na atualidade.”

6.1. Processos Hidrológicos

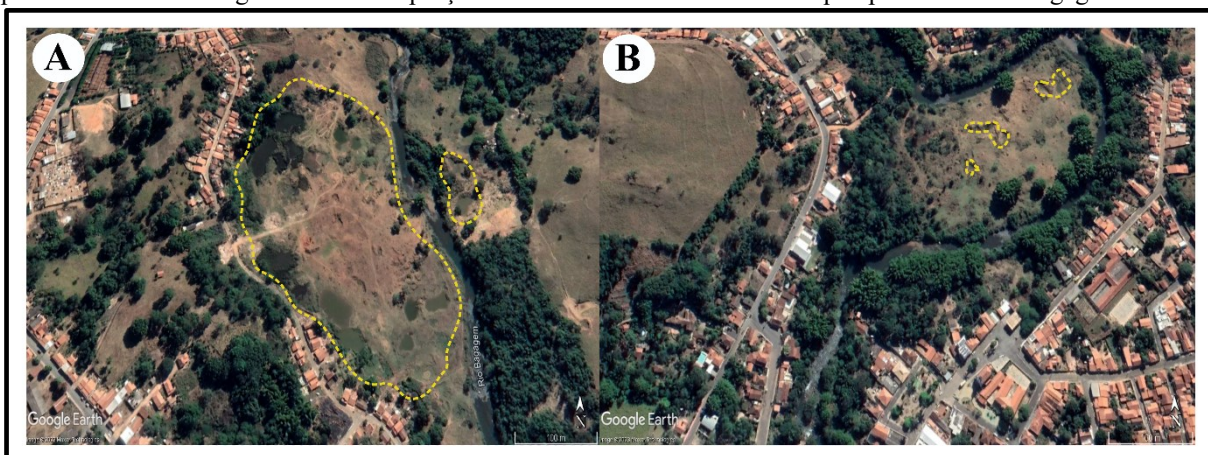
Os processos hidrológicos são o maior problema no que diz respeito à gestão de riscos no município de Estrela do Sul. A setorização de riscos apresentada por este trabalho identificou áreas vulneráveis à ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações. Os setores foram classificados levando em consideração a periculosidade, a vulnerabilidade e o potencial de

causar danos. Nas zonas de risco médio recomenda-se a continuidade das avaliações por parte da Defesa Civil. Por outro lado, as áreas de alto risco devem estar sujeitas a análises mais específicas, a fim de observar a necessidade de obras de infraestrutura, entre outros métodos.

A zona urbana de Estrela do Sul apresenta sinais evidentes da ausência histórica de planejamento territorial como herança das atividades de mineração. Como já discutido neste trabalho, a cidade se desenvolveu devido as atividades diamantíferas, o que condicionou instalação de diversas residências às margens do rio Bagagem. Santos (2012) descreve que as áreas de médio risco não são afetadas corriqueiramente por eventos hidrológicos, o que facilita o processo de ocupação das populações, contudo ressalta que quando deflagrados resultam em prejuízos sociais importantes.

Muitas dessas construções são relativamente recentes e ocuparam regiões de forma irregular, pois estão localizadas em Áreas de Proteção Permanente. Imagens de satélite demonstram que centenas de imóveis estão próximos ao rio Bagagem, muitos deles em discordância com a Lei nº 12.651 do Novo Código Florestal (Figuras 38A e 38B). Reitera-se que a Defesa Civil inclui 236 moradias em risco de inundação muitas delas podem estar atreladas a essa condição.

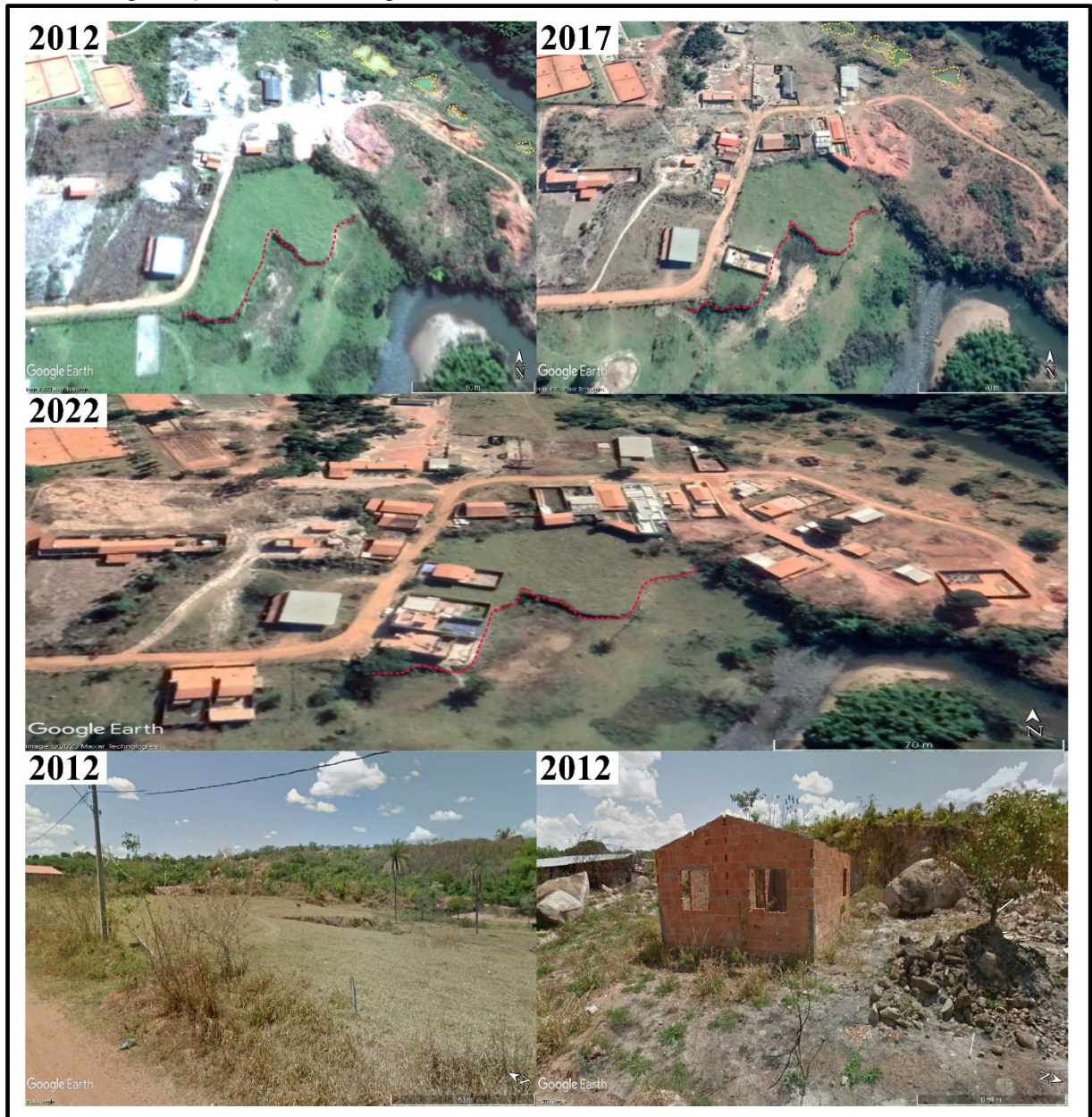
Figura 38: A. Nota-se a presença de lagoas que remetem a antigas áreas de exploração diamantífera. B. Visão do padrão urbano e hidrográfico em uma porção da cidade de Estrela do Sul na qual percorre o rio Bagagem.



Fonte: *Google Earth Pro* (2023).

O setor MG_ES_SR_09, por exemplo, está localizado em um loteamento não asfaltado, no qual outras infraestruturas ainda não foram instaladas, como drenagem superficial. As imagens do *Google Earth Pro* demonstram que as feições típicas do solapamento de margem já existiam no ano de 2012 (Figura 39). Contudo, a área ainda não havia sido povoada, o que reforça a demora da resposta dos entes municipais frente a esses desafios. Além disso, a interpretação das imagens indica o avanço cada vez maior dessas feições em direção aos imóveis até os dias de hoje.

Figura 39: Imagens de satélite demonstram as variações temporais (2012 - 2022) da ocupação desordenada no setor MG-ES-SR-09. Também é possível observar as condições da paisagem em 2012, onde nota-se a ausência de moradias e a presença de feições de solapamento instalados.



Fonte: Google Earth Pro (2023).

As imagens de satélite referentes ao setor MG_ES_SR_01 indicam que as construções avançaram ainda mais sobre a drenagem, entre 2011 e 2023 (Figura 40). Trata-se de residências construídas diretamente no leito de um afluente do rio Bagagem. As medidas de contenção nesses locais indicam não serem suficientes para impedir a ação das águas durante precipitações abundantes. São locais que apresentam riscos importantes às pessoas que ali vivem, tendo em vista que existe a possibilidade de alagamento dessas moradias e a perda de bens materiais durante períodos chuvosos.

Figura 40: Imagens de satélite demonstram a ocupação das margens (indicação em amarelo) da drenagem de 2011 a 2023. Quando comparados os anos de 2012 e 2023, nota-se que os imóveis já estavam irregulares.



Fonte: Google Earth (2023); O Autor.

6.2. Movimentos de massa

No mapa de declividade ([ANEXO I](#)) na escala 1:25.000, a zona urbana do município de Estrela do Sul está predominante classificada como um relevo plano e suave ondulado. Porém, no mapeamento de áreas de risco na escala entre 1:1.000 e 1:2.000 foi possível delimitar inúmeras áreas com declividades superiores a 20%. A Lei Lehman (Brasil, 1979) é referência para as administrações municipais e dita que áreas com declividades superiores a 30% devem ser avaliadas quanto ao risco de movimentações de massa. Contudo, deve-se considerar que tais referenciais não são regra, cabendo avaliações específicas para cada região.

Nesta perspectiva, na área de estudo as zonas de maiores declividades possuem várias casas que foram instaladas em cortes e aterros sem nenhuma orientação técnica. Gerscovich (2016) entende que a construção de taludes artificiais deve levar em consideração as características geológicas, topográficas, hidrográficas e mecânicas de determinada localidade, assim como a ocorrência de movimentações pretéritas.

Conforme citado anteriormente, na zona urbana de Estrela do Sul ocorre o predomínio da Suíte Estrela do Sul, composta por rochas graníticas e seus solos residuais, classificados como Neossolos e Cambissolos (Motta, Baruqui e Santos, 2004). Seer e Moraes (2013)

abordaram os eventos da granitogênese que ocorreu na região e suas relações tectônicas com o Grupo Araxá. Neste contexto, as intercalações com os xistos do Grupo Araxá resultam em afloramentos mistos em várias porções da cidade. Esta observação é importante, tendo em vista que a reologia e o distinto comportamento frente ao intemperismo de ambos os conjuntos rochosos, apresentam respostas contrastantes no tocante às movimentações de massa.

O setor MG_ES_SR_05 é um exemplo desse contexto descrito e foi classificado de risco muito alto. Trata-se de um talude de solo que já apresentou deslocamentos anteriores, como relatado pelos próprios moradores, sendo encontrados saprólitos de xisto e granito em transições não contínuas. A disposição desses taludes e outros elementos associados, como a presença de lançamento irregular de esgoto e bananeiras, levam em consideração a necessidade de intervenção direta nessas áreas.

Assim como para os processos hidrológicos, percebeu-se que a ausência de organização territorial é um fator histórico na cidade. As imagens obtidas através do *Google Earth Pro* ilustram alguns exemplos cuja ocupação desordenada reflete diretamente nas condições de estabilidade atuais. As figuras 41A e 41B estão associadas ao setor MG_ES_SR_05 e indicam, em referência ao ano de 2012, qual foi a condição das moradias que atualmente apresentam problemas de estabilidade.

Figura 41: A. Fotografia de talude situado no setor MG_ES_SR_05. B. Visão geral de outra moradia do setor. Nota-se no centro da foto a altura do talude em relação à residência ainda em 2012.



Fonte: *Google Earth Pro* (2023).

A mesma lógica se aplica ao setor MG_ES_SR_06. As figuras 42A e 42B demonstram um contexto no qual a disposição do corte era distinta do cenário observado atualmente. As fotografias indicam a proximidade maior desses taludes em relação à residência, assim como a presença de escadaria improvisada escavada no xisto intemperizado. Tais observações são realizadas a fim de criar questionamentos plausíveis: qual seria o papel da administração pública na fiscalização dessas localidades, tendo em vista que o processo ocorre há décadas?

Figura 42: A. e B. Vista de taludes de corte muito próximos a residências no setor MG_ES_SR_06.



Fonte: *Google Earth Pro (2023).*

Vários pontos de monitoramento foram selecionados ao longo deste estudo, de modo que as alterações antrópicas ou naturais podem tornar essas regiões com riscos médios ou baixos em zonas potenciais importantes. Neste sentido, o setor MG_ES_SR_10 é caracterizado pela ocorrência de corpos graníticos centimétricos a métricos num morrote com grande inclinação. Esses blocos, muitas vezes, apresentam-se fraturados podendo ocorrer rolamentos gravitacionais de blocos localizados no topo sobre residências localizadas no terço inferior da vertente. Recomenda-se necessários estudos mais detalhados nesse ponto, como sondagens de perfuração, perfilagens geofísicas, entre outros métodos indiretos visando compreender a profundidade desse corpo rochoso. Podem existir estruturas de fraqueza que não são observados em superfície e que são danosos à população que ali vive. A atenção deve ser direcionada ao terço inferior desse talude rochoso imerso em solo, onde estão dispostas cerca de seis residências a distâncias relativamente pequenas em relação ao corte na base.

Quando não-alterados ou não fraturados, os granitos apresentam baixa porosidade e tendem a ser mais resistentes à compressão físico-mecânica e ao processo de intemperismo (Cerri; Amaral, 2015). Baynes e Dearman (1978) traduzem a nível microscópico que o intemperismo dos granitos é resultante do microfraturamento, do aumento da distância entre os grãos, além do aumento da porosidade intragranular. Neste sentido, são importantes estudos sobre os estágios de alteração desses maciços rochosos em Estrela do Sul, tendo em vista que o intemperismo pode alcançar centenas de metros em profundidade e propiciar movimentos de massa significativos (Ollier, 2010). Abad et al. (2016), ao realizarem estudos referentes a perfis de intemperismo em maciços graníticos, notaram que as condições climáticas tropicais resultam em zonas de alteração distintas e de complexa interpretação. A literatura também destaca o surgimento precoce de juntas de alívio e fraturas subverticais que, em profundidade, podem auxiliar no avanço do intemperismo desses corpos (Moye, 1995; Ollier, op. cit.).

As interpretações deste estudo demonstram que Estrela do Sul é mais um caso que reflete historicamente o desordenamento urbano das cidades brasileiras. A avaliação constante desses fenômenos é de extrema importância, pois no contexto climático-social global atual, não há exceções no tocante a atuação e intensidade desses fenômenos. Há sim uma intensificação das transformações superficiais condicionadas ao avanço antrópico sob os domínios naturais que respondem ao sistema natural de modos distintos ao longo dos tempos.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram mapeados treze setores de risco, sendo 6 de risco muito alto e alto: 2 setores para ocorrência de deslizamento e 4 associados aos processos hidrológicos e 7 setores de risco médio a baixo.

Muitas residências estão localizadas nas margens do rio Bagagem e seus afluentes, o que torna as populações que ali vivem extremamente vulneráveis, especialmente a enchentes e inundações. Desse modo, conclui-se que as ocupações irregulares nas margens fluviais oferecem maior periculosidade e tem condições maiores de impactar a cidade, em detrimento de movimentos de massa.

Recomendações:

- Investimento e incentivo à proposição de estudos geológico-geotécnicos mais aprofundados, especialmente nas áreas que apresentam riscos altos e muito altos. As parcerias com instituições de ensino público/privado e empresas do setor podem ser consideradas;
- Realização de medidas estruturais nos setores de risco muito alto e alto como retaludamento de encostas, adoção de sistemas de drenagem, estabilização de encostas, entre outros;
- Conscientização da população sobre os riscos atrelados à ocupação de margens de rios e taludes construídos sem auxílio das normas técnicas adequadas, através de ações de Educação Ambiental e da Defesa Civil;
- Instalação de sirenes de alerta nas áreas com potencial para enchentes e inundações;
- Restabelecimento da estação pluviométrica do município;
- Implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto;
- Formulação de um Plano Diretor para o município;
- Atualização periódica das informações apresentadas.

Por fim, reitera-se que os dados obtidos serão repassados à Defesa Civil de Estrela do Sul a fim de contribuir com as ações de gerenciamento de áreas de risco no município. Trata-se um trabalho inédito realizado em escala de detalhe relacionado ao mapeamento de áreas de risco geológico-geotécnico em Estrela do Sul, o que demonstra a importância de novas pesquisas nesse segmento. Além disso, os dados aqui publicados estão sujeitos a alteração em decorrência de revisões e de modificações nas condições atuais das áreas setorizadas, sejam devido ao avanço da urbanização, seja pela própria dinâmica da natureza.

As informações deste estudo poderão ser repassadas para a comunidade acadêmica, gestores públicos ou outros interessados através do e-mail: robs.edu97@gmail.com

REFERÊNCIAS

ABAD, S. V. A. N. K. et al. Characteristics of weathering zones of granitic rocks in Malaysia for geotechnical engineering design. **Engineering Geology**, v. 200, p. 94-103, 2016.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Paranaíba Parte A**, 2011. Disponível em: http://www.paranaiba.cbh.gov.br/PRH/RP03-Parte_A.pdf. Acesso em 18 de novembro de 2022.

ASF - **Alaska Satellite Facility**. Search. Disponível em: <http://search.asf.alaska.edu>. Acesso em: 12 fevereiro 2023.

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

BANCO MUNDIAL. Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011. **Relatório Técnico Brasília: 2012**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/cooperacao-internacional/ativacoes-no-brasil/chamados/imagens/inundacoes-e-deslizamentos-na-regiao-serrana-do-rio-de-janeiro.pdf>. Acesso em 25 de novembro de 2022.

BANDEIRA, I. C.N. et. al. “Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?” In. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 1-16, 2018.

BARBOSA, O. et al. **Projeto Goiânia - Relatório Preliminar**. MME (Ministério das Minas e Energia), DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), 6º Distrito Centro-Oeste, Prospec. 74 p., 1970b.

BAYNES, F. J.; DEARMAN, W. R. The relationship between the microfabric and the engineering properties of weathered granite. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n. 18, v. 1, p. 191 – 197, 1978.

BITAR O.Y., 2015. **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – 1: 25.000: Nota explicativa**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

(Publicação IPT, 3 016). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16588>. Acesso em: 15 jan. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 26 mar. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso: 21 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 26 mar. 2023.

CAMARANO, A. A.; ABRAMOVAY, R. Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil: panorama dos últimos cinquenta anos. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, v. 15, n. 2, p. 45-66, jul./dez. 1999.

CAMPOS, Luciane de Castro. Proposta de reanálise do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte - Minas Gerais. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011, 139 p.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. 2ª Edição, Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil. p. 283, 1998.

CATALÃO, I.; MAGRINI, M. A.; LINDO, P. Urbanização, (contra)desenvolvimento e direito à cidade. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 199 – 213, 2019.

CERRI, L.; AMARAL, C. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, Antônio; BRITO, Sérgio. **Geologia de Engenharia**. 9ª ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, 2015, p. 301 - 310.

CHAVES, M. L. de S. C.; DIAS, C.H. 2017. **Geologia da Folha de Estrela do Sul, escala 1:100.000**. Belo Horizonte, CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. CPMT/UFMG.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. **Edgard Blucher**, 2ª edição, São Paulo, 1980.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto movimentos de massa e enchentes: Alvinópolis, MG**. Brasília, 2012. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19065/>. Acessado em 07 de março de 2023.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: Lauro de Freitas/BA**. Brasília, 2019.

Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18899.2>. Acessado em 16 de maio de 2023.

DARDENNE, M. A. **The Brasília Fold Belt**. In: Cordani, U. G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., e Campos, D. A. (Eds.), Tectonic evolution of South America. Proceedings of the 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG, p. 231-263, 2000.

ECKHARDT, Rafael Rodrigo. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado / RS**. 2008. 116 f. Tese (Mestrado), Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEPARM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

EM-DAT (Emergency Event Database). 2022. **Disaster in Numbers**. Disponível: <https://www.emdat.be>. Acesso: 11 fev. 2023.

ESTRELA DO SUL, 2022. Histórico da cidade. Disponível em: <http://www.estreladosul.mg.gov.br/>. Acesso em 8 de dezembro de 2022.

FACURI, G.G. Similaridades na setorização de riscos geológicos dos municípios de Dracena, Parapuã e Cafelândia, SP. **Geociências (UNESP)**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 405-413, 2016.

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. p. 123-194, 1996.

FERNANDES, R. L. G.; PEIXOTO, D. **Setorização de áreas de risco alto e muito alto em Anápolis – GO**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, v. 15., p. 18-21, 2015.

G1. Deslizamento de terra interdita parte da MG-223 perto de Estrela do Sul. **G1 Minas Gerais - Triângulo Mineiro**, 19 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2016/01/deslizamento-de-terra-interdita-parte-da-mg-223-perto-de-estrela-do-sul.html>. Acesso em: 08 de outubro de 2022.

G1. Vídeo: alagamentos e quedas de muros são registrados durante forte chuva em Estrela do Sul. **G1 Triângulo Mineiro**, Minas Gerais, 4 de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2022/02/04/video-alagamentos-e-quedas-de-muros-sao-registrados-durante-forte-chuva-em-estrela-do-sul.ghtml>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

GANDRA, Alana. Sobe para 233 o número de mortos pelas chuvas de fevereiro em Petrópolis. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 04 mar 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-03/sobe-para-233-numero-de-mortos-pelas-chuvas-de-fevereiro-em-petropolis>. Acesso em: 20 junho 2023.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

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

HEES, S. **A industrialização brasileira em perspectiva histórica (1808-1956)**. Em Tempo de Histórias - Publicação do Programa de Pós-Graduação em História da Universidade de Brasília a PPG-HIS, n. 18, Brasília, jan/jul. 2011.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides*. Reston: U.S. **Geological Survey**, p. 129, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tabelas de Estimativas para 1º de julho de 2021. 09 nov. 2022. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

IBGE/PNAD 2015: **Pesquisa Nacional por Amstras de Domicílios**. Rio de Janeiro, 2015.

JULIÃO, et al. 2009. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/39562>

KOBIYAMA, M. et al. 2006. *Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos*. Curitiba: **Ed. Organic Trading**. 109 p. Disponível em: https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/07/Livro_Prevencao_de_Desastres_Naturais.pdf

LIMA, R. E. de.; MIGUEZ, L. A. L.; ACORDES, F. A.; FONSECA, M, N, da. Proposta metodológica para mapeamento de risco de inundação no município de Curitiba (Paraná). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 82, p. 01–12, ago./2021.

LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Santa Catarina, 2009, 113 p.

MARCELINO, E. V. 2008. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MAYS, S.; BRICKLEY, M.; IVES, R. Growth in an English Population From the Industrial Revolution. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 136, n. 1, p. 85–92, 2008.

MELO, Rafael Correa de. **Avaliação de Métodos de Mapeamento de Risco/Perigo à Movimentos de Massa no Município de Camaragibe-PE**. 2019. 82f. Tese (Mestrado), Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de treinamento. 2004. 73p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS**. 2020. Ministério das Cidades, Brasília. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 18 de março de 2023.

MIRANDOLA, F. A.; MACEDO, E. S. de. Proposta de classificação do tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamento. **Quaternary and Environmental Geosciences** v. 5, p. 1, p. 66-81, 2014.

MONTOYA BOTERO, Eduardo. Modelo de alerta de escorregamentos deflagrados por chuvas usando redes neurais artificiais. 2013. 87, [27] f., **Dissertação (Mestrado em Geotecnia)** - Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/15166>.

MOTTA, P. E. F. da.; BARUQUI, A. M.; DOS SANTOS, H. G. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1ª Edição, 414 p., dez. 2004.

MOYE, D. Engineering geology for the Snowy Mountains scheme. **Journal of the Institution of Engineers of Australia**, v. 27, p. 281-299, 1955.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. 2015 **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 21 mai. 2023.

NOVAIS, Giuliano Tostes. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto do Paranaíba e do entorno da serra da Canastra (MG)**. 2011. 124 f. Tese (Mestrado), Instituto de Geografia – IG, Uberlândia. 2011.

OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain – **Annual Disaster Statistical Review 2008** – The numbers and trends, Brussels, Belgium, 2009. Disponível em: <http://environmentportal.in/files/annual-disaster.pdf>

OLLIER, C. D. Very deep weathering and related landslides. **Engineering Geology Special Publications**, v.23, p. 5-14, 2010.

PARKINSON, J.; MILOGRAMA, J.; CAMPOS, L. C.; CAMPOS, R. **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil**. Relatório do workshop em Goiânia – GO. 7 de maio de 2003. Goiânia: CREEA, 2003.

PATROCÍNIO ONLINE. Chuva forte provoca inundações em Estrela do Sul (MG). Patrocínio Online, 17 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://www.patrocinioonline.com.br/noticia/chuva-forte-provoca-inundacoes-em-estrela-do-sul-mg-12737.html>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, estado do Paraná. **Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá**, v. 4, n. 1, p. 3-27, 2012.

ROSS, J. L. S. **As Unidades Morfoesculturais do Brasil: uma nova proposta de classificação do relevo brasileiro**. In: III Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Nova Friburgo-RJ. 1989.

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. de. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **GeoTextos**, v. 12, n. 1, p. 233 – 265, julho 2016.

SANTOS, K. R. dos. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. **Rev. Geo. UEG - Goiânia**, v.1, n.1, p.177-190, jan./jun. 2012.

SANTOS, L. A. C.; MIRANDA, S. do. C. de.; SILVA NETO, C. de. M. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. **Rev. Geo. UEG – Goiás**, v.9, n.2, p. 1 – 30, jul/dez. 2020.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Geologia Regional do Triângulo Mineiro**. Projeto Triângulo Mineiro. CODEMIG-CPTMTC/UFMG, p. 123, 2017.

SOUZA, C. R. G. Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n. 2. p. 354-366, 1998.

SOUZA, V. C. B. de., MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Gesta**, v. 1, n. 2, p. 162 – 175, 2013.

STANGHERLIN, M.; FERRARESI, C. S. Direito à cidade e desastres naturais: o ODS 11 como possibilidade de (re) organização urbana no cenário das pequenas cidades (resilientes). 2021. Bauru, São Paulo. **Revista JurisFIB, Reflexões sobre o Direito**, Vol. XII v. 12 n. 12, p. 9 -24.

TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. 2008. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 3, n.1, 2008.

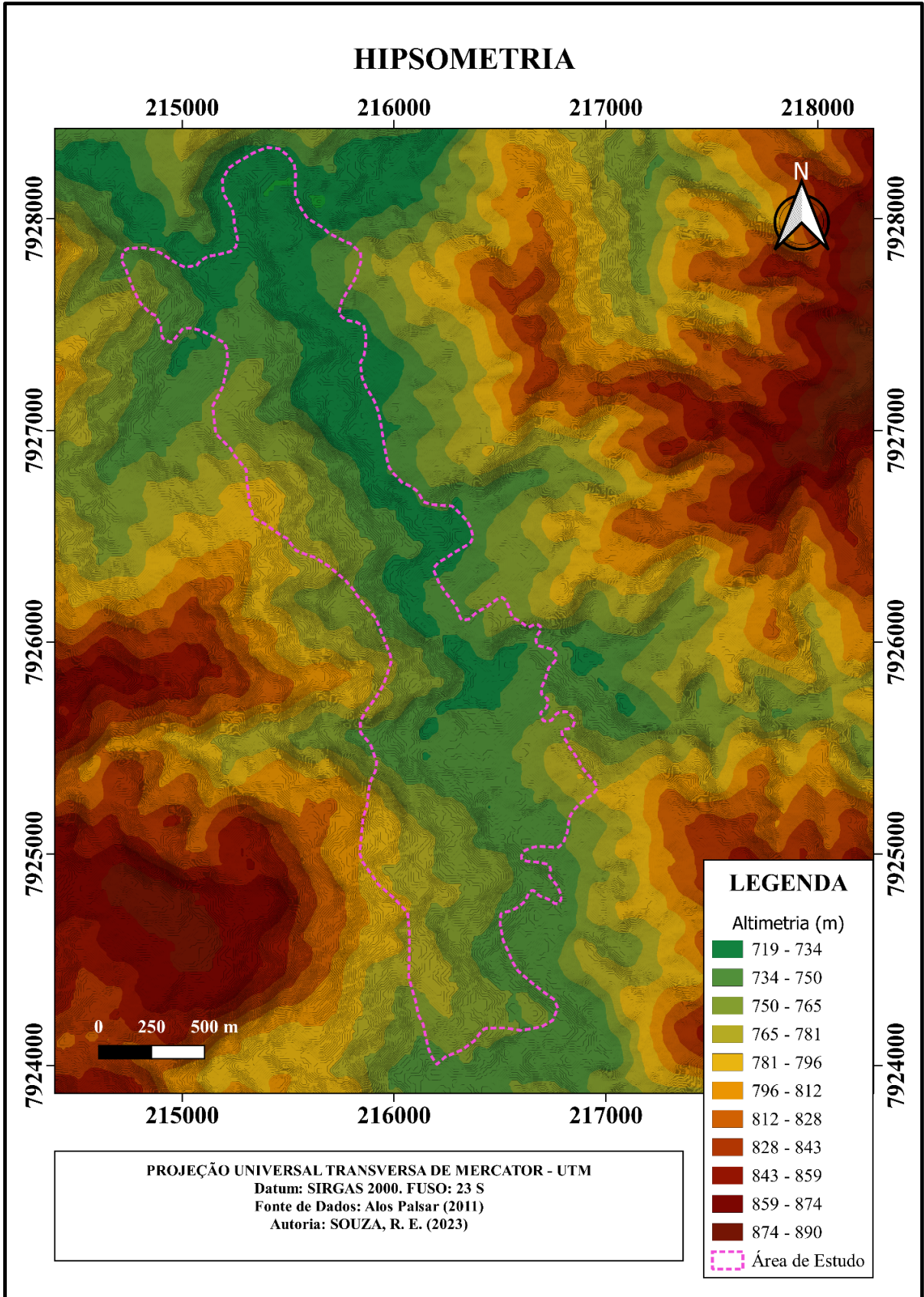
TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir** – 3ª ed. - São Paulo: Instituto Geológico, 2015.

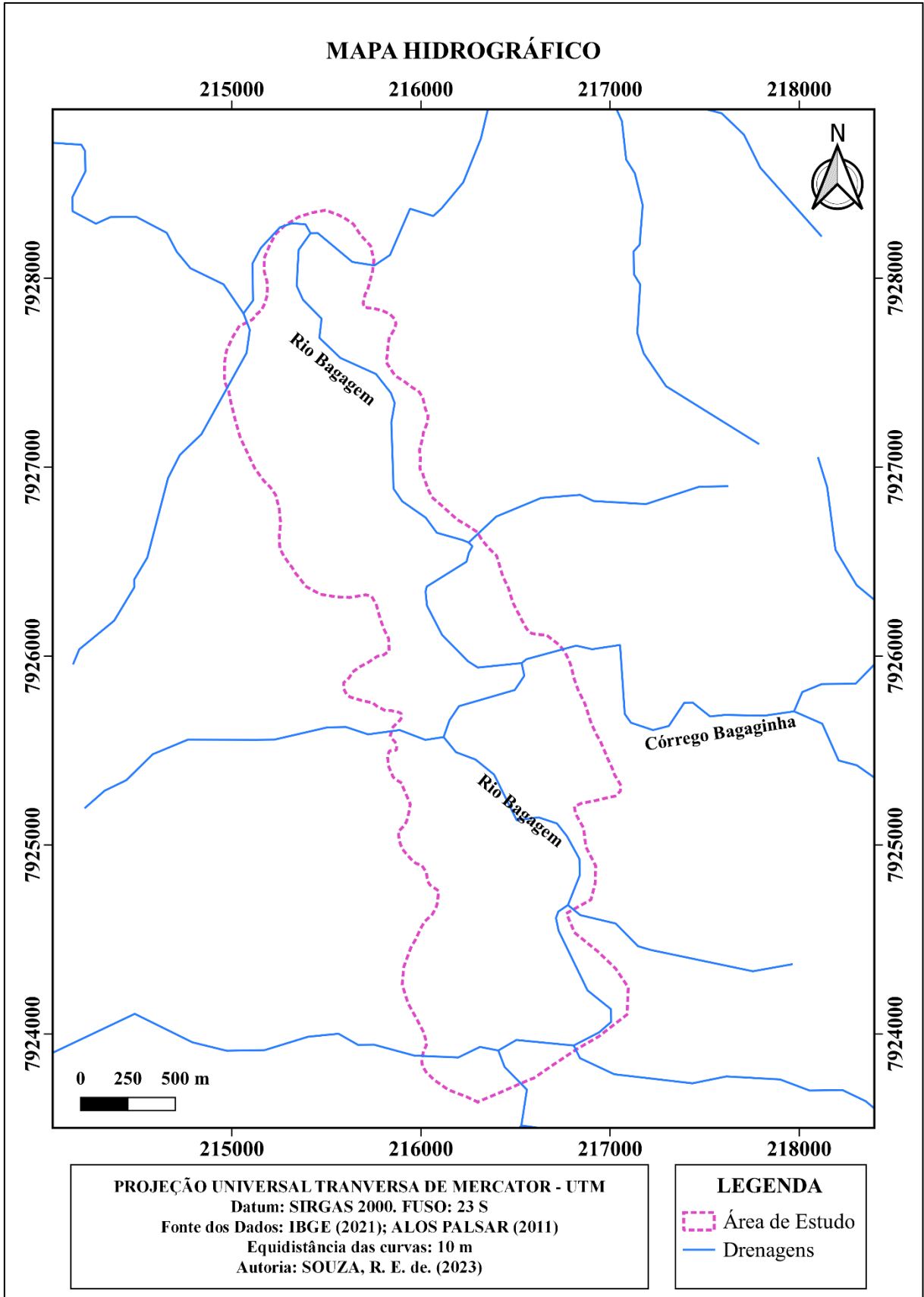
TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

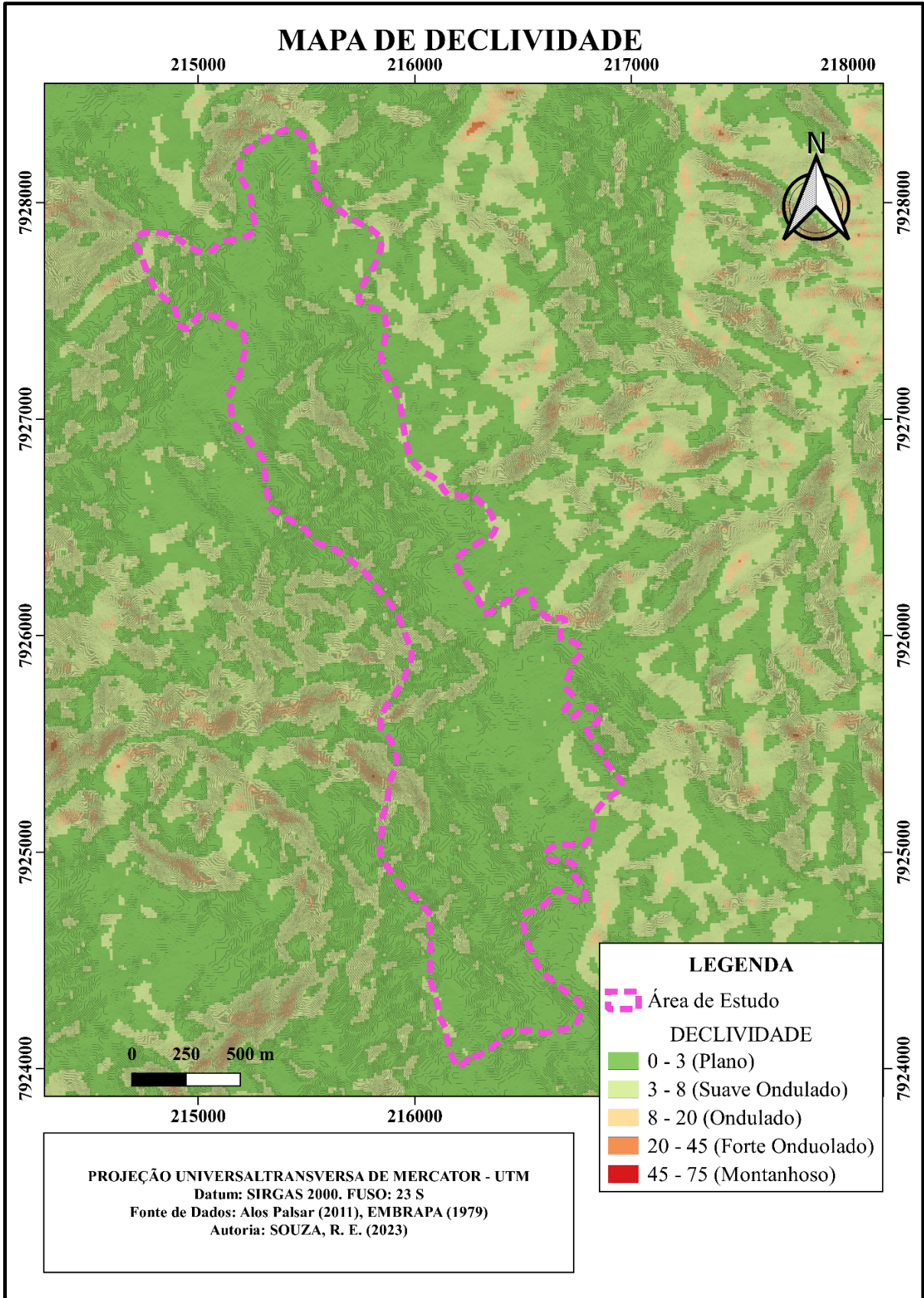
TUCCI, C. E. M. Gestão de Inundações Urbanas. **Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank - Unesco**. Ministério Público Federal, 2005.

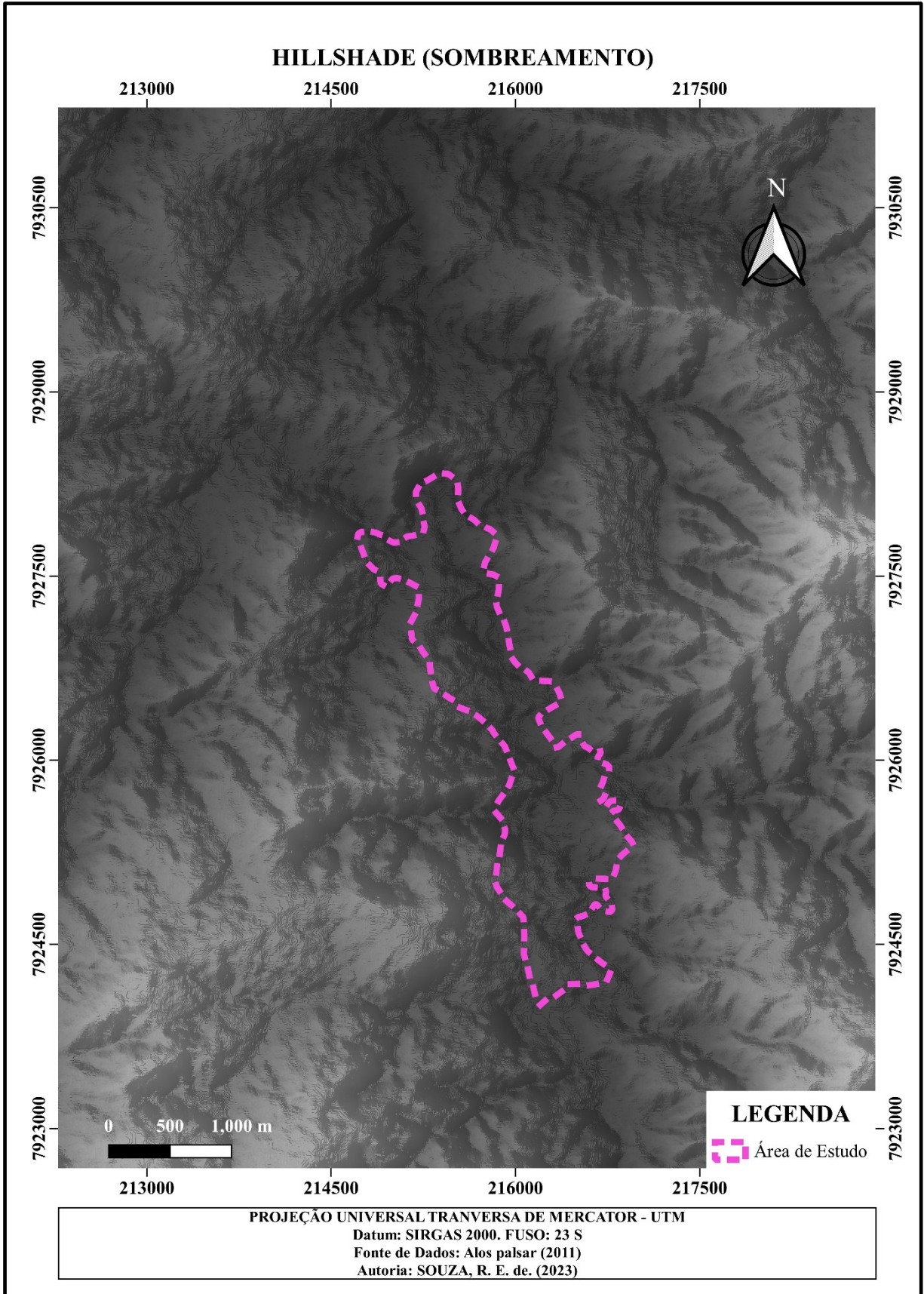
ZAIDAN, R. T.; FERNANDES, N. F. Análise de riscos de escorregamentos nas encostas edificadas da bacia de drenagem urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). **Revista de Geografia – PPGeo** - UFJF. Juiz de Fora, v.5, n.1, p.17-32, 2015.

ANEXOS I
Mapas Hipsométrico, Declividade e
Sombreamento e Hidrográfico









ANEXOS II

Pranchas



SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA

Estrela do Sul - MG

Código: MG_ES_SR_01

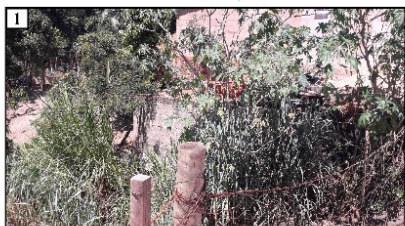
Abril / 2023

RUA BAHIA / RUA MATO GROSSO

215840

215760

215920



Descrição: Afluente do rio Bagagem com residências instaladas em suas margens (APP) (Figuras 1, 2, 3 e 5). Foram registrados diversos alagamentos nas moradias ao longo de chuvas volumosas. Foram instaladas obras estruturais: tubulação canalizando a drenagem, estruturas de captação de águas na rua lateral ao curso d'água (Figura 4) e muros de contenção (Figura 2). Ocorrência de entulho e lançamento de esgoto (Figura 5).

Tipologia do processo: Alagamento / Solapamento de margem

Quantidade de imóveis em risco: 7

Quantidade de pessoas em risco: Sem dados

Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:

- Monitorar a eficiência das obras estruturais durante e após chuvas volumosas;
- Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
- Inibir o lançamento de entulho e lixo dentro da drenagem.

¹ Não foi possível obter acontagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.

² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_01
- Rio Bagagem
- Afluente
- Direção de Fluxo da drenagem
- Fotografias



Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes. .

0 25 50 m

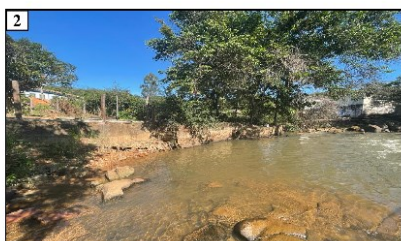
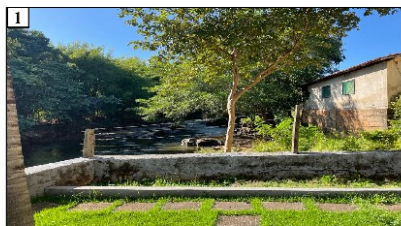


Autoria
Robson Eduardo de Souza



SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA

Estrela do Sul - MG
 Código: MG-ES-SR-02
 Abril / 2023
 RUA ARAGUAI



Descrição: Estabelecimentos instalados na APP do rio Bagagem (Figura 1) que já sofreram com inúmeros processos de enchente, resultando na destruição de casas e estabelecimentos próximos. Existem muros de contenção que reduziram parcialmente o problema. Águas pluviais e o esgoto são lançados direto na drenagem, como mostra a Figura 2.

Tipologia do processo: Enchente
Quantidade de imóveis em risco: 5
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:

- Instalação de sirenes de alerta durante precipitações atípicas;
- Monitorar a eficiência das medidas estruturais instaladas, durante e após chuvas volumosas;
- Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
- Inibir o lançamento de entulho e lixo dentro do curso d'água.

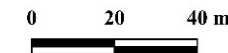
¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_02
- Rio Bagagem
- Direção de Fluxo da drenagem
- Fotografias

Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes. .



Autoria
 Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA

Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_03
 Abril / 2023



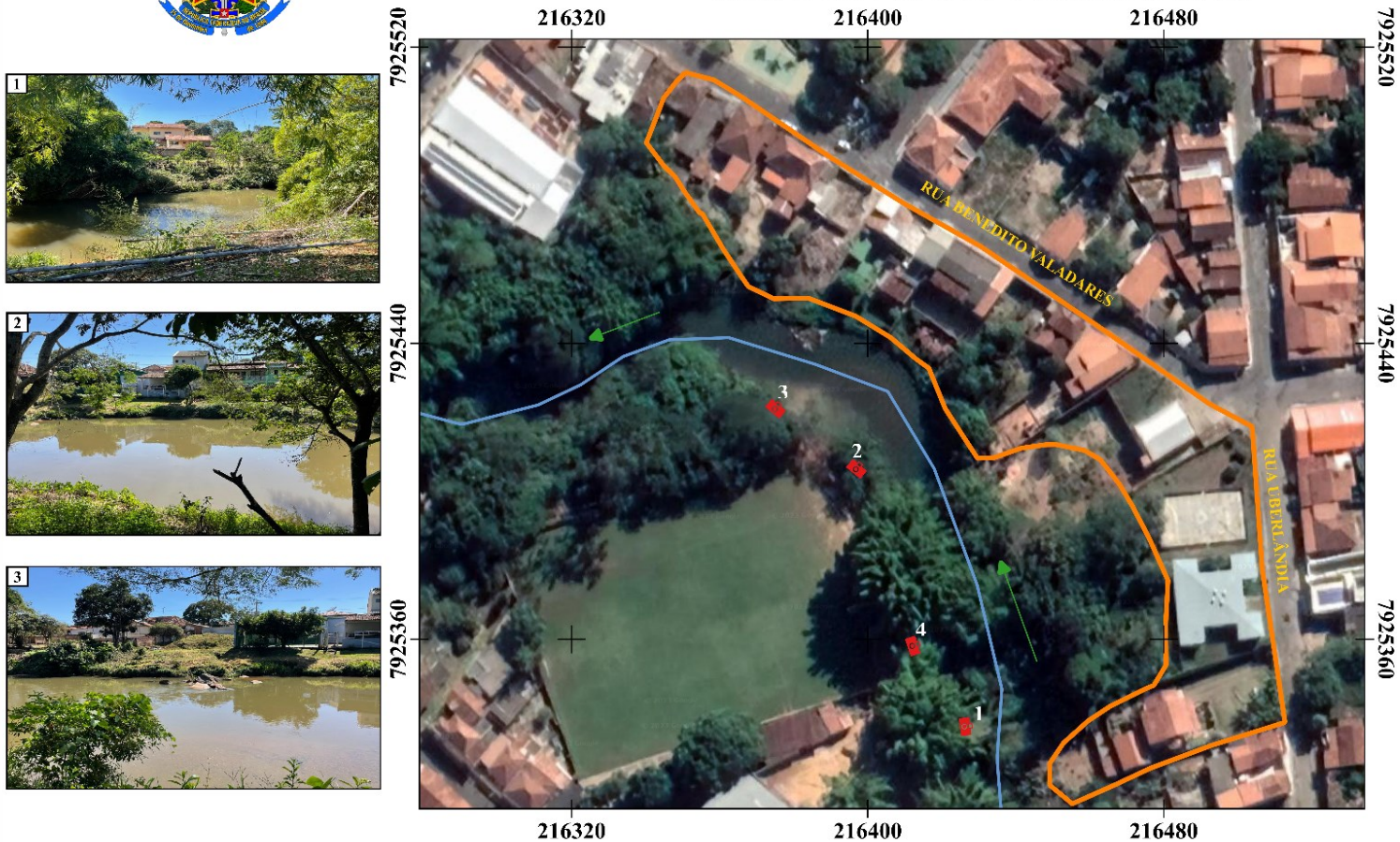
RUA BENEDITO VALADARES / RUA UBERLÂNDIA

Descrição: Residências construídas na Área de Proteção Permanente (Figura 4) do rio Bagagem muito próximas do seu leito maior (Figuras 1, 2 e 3). Área de alta periculosidade e baixa vulnerabilidade. Rede de esgoto lançada diretamente no rio. Ocorrência de entulhos em suas margens. Não foram observadas estruturas de contenção.

Tipologia do processo: Inundação/Enchente
Quantidade de imóveis em risco: 12
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:

- Instalação de sirenes de alerta durante precipitações atípicas;
- Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
- Inibir o lançamento de entulho e lixo dentro da drenagem.



LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_03
- Rio Bagagem
- Direção de Fluxo da drenagem
- Fotografias

Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes. .

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Autoria
Robson Eduardo de Souza

PRANCHA 4: Setor MG-ES-SR-04

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



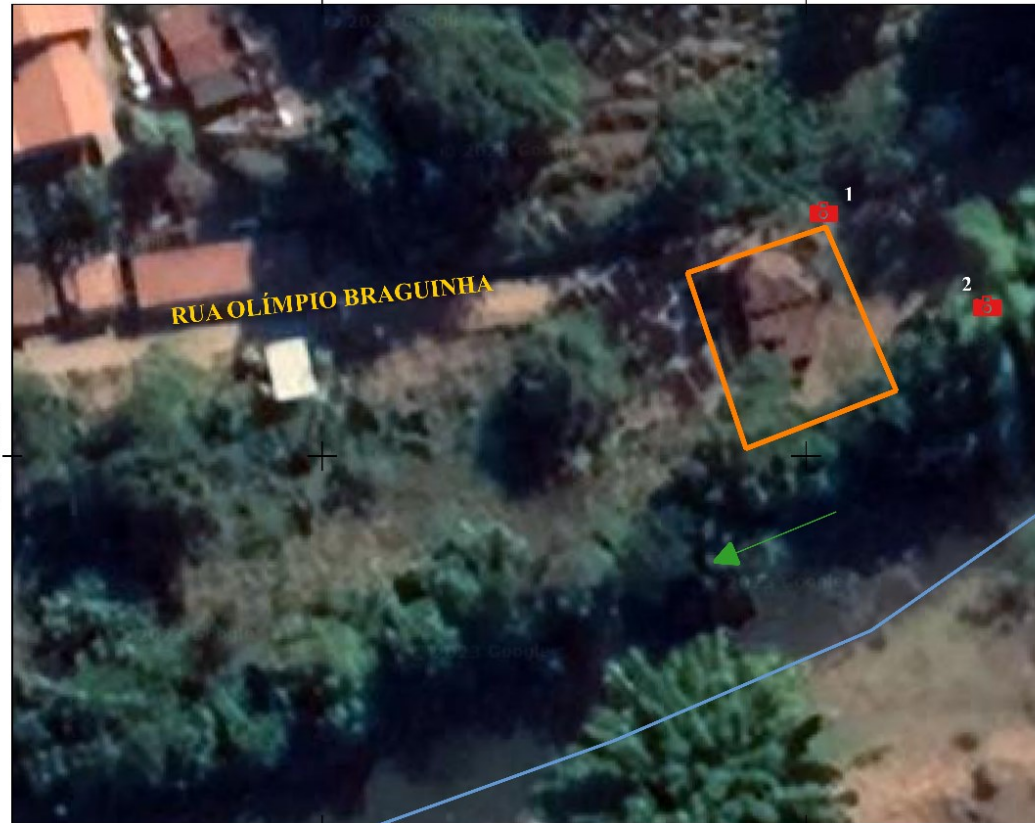
Estrela do Sul - MG
Código: MG_ES_SR_04
Abril / 2023



RUA OLÍMPIO BRAGUINHA

216400

216450



Descrição: Moradia construída a poucos metros do leito menor do rio Bagagem (APP), como demonstrado nas Figuras 1 e 2. Esgoto é lançado diretamente no rio.

Tipologia do processo: Enchente
Quantidade de imóveis em risco: 1
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:
- Instalação de sirenes de alerta durante precipitações atípicas;
- Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
- Inibir lançamento de lixo e entulho.

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.



Autoria
Robson Eduardo de Souza

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_04
- Drenagem Drenagem.kml
- Sentido do fluxo do rio
- Fotografias

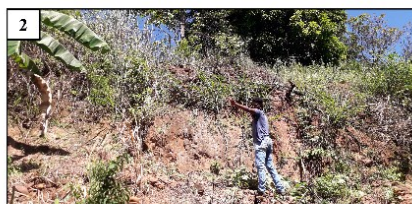
SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_05
 Abril / 2023



RUA MAJOR TEODORO / RUA DA PALHA
 215550 215600



Descrição: Talude de corte com 5 metros de altura e declividade sub-vertical com moradias situadas a menos de 4 metros de distância (Figuras 3 e 5). Talude composto por intercalações de saprolito de granito e xisto (Figuras 1, 2 e 3). Presença de bananeiras no talude (Figuras 1 e 3). Já ocorreram movimentações pretéritas. Não foram observadas estruturas de contenção. As Figuras 5 e 6 demonstra o mesmo talude em contato quase direto com outra residência.

Tipologia do processo: Deslizamento planar
Quantidade de imóveis em risco: 2
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Muito alto

Sugestão de intervenção:
 - Construção de estruturas de contenção e retaludamento;
 - Retirada das bananeiras do talude;
 - Conscientização das famílias quanto ao manejo do solo do talude;
 - Adequação dos sistemas de drenagem superficial.

¹ A contagem de residentes neste setor é aproximada, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_05
- Rio Bagagem
- Sentido da movimentação de massa
- Fotografias

Autoria
Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
Código: MG_ES_SR_06
Abril / 2023

RUA OLÍMPIO BRAGUINHA



Descrição: Moradias situadas a menos de 2 metros de taludes de corte de 4 metros de altura (Figuras 1, 2 e 4). Os planos de xistosidade são bem visíveis e podem representar as zonas de fraqueza. Não porção do talude onde não existem casas são observadas árvores e cercas levemente inclinadas (Figura 3).

Tipologia do processo: Deslizamento planar/cunha
Quantidade de imóveis em risco: 4
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:
- Construção de estruturas de contenção.

¹ Não foi possível realizar a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar a contagem exata. O número de moradias é aproximado.

² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

- LEGENDA**
- Setor: MG_ES_SR_06
 - Rio Bagagem
 - Sentido da movimentação de massa
 - Fotografias



Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.

N

Autoria
Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_07
 Abril / 2023



RUA DONÁ BEIJA / RUA UBERLÂNDIA

216400 216480 216560



7925280

7925200

7925280

7925200

216400 216480 216560

Descrição: Ester setor está localizado no Balneário Dona Beija, um local disponibilizado à população para atividades de lazer. Esta área esteve associada a uma inundação histórica que causou estragos em diversos pontos da cidade. As figuras 1, 2, 3 e 4 demonstram as características do local. Por se tratar de uma região importante para a cidade aqui se entende que os riscos são altos.

Tipologia do processo: Inundação
Quantidade de imóveis em risco: 1
Quantidade de pessoas em risco: Não se aplica
Grau de risco: Médio

- Sugestão de intervenção:**
- Instalação de sirenes de alerta durante precipitações atípicas;
 - Criação de planos de evacuação;
 - Fiscalizar a localidade durante e após chuvas volumosas;
 - Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
 - Inibir o lançamento de entulho e lixo dentro da drenagem.

¹ Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

- LEGENDA**
- Setor: MG_ES_SR_07
 - Rio Bagagem
 - Direção de Fluxo da drenagem
 - Fotografias



Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes. .

0 20 40 m

Autoria
 Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_08
 Abril / 2023



RUA MAJOR TEODORO



Descrição: Moradia que já foi atingida pela cheia do rio Bagagem (Figura 1). Próximo a residência existe tubulação enterrada que lança o esgoto diretamente no rio (Figura 2).

Tipologia do processo: Enchente
 Quantidade de imóveis em risco: 1
 Quantidade de pessoas em risco: 1
 Grau de risco: Alto

Sugestão de intervenção:
 - Fiscalizar a localidade durante e após chuvas volumosas;
 - Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
 - Inibir o lançamento de entulho e lixo dentro da drenagem.

* A contagem de residentes neste setor é aproximada, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.

** Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_08
- Rio Bagagem
- Sentido do fluxo do rio
- Fotografias

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.



Autoria
 Robson Eduardo de Souza

PRANCHA 9: Setor MG-ES-SR-09

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
Código: MG_ES_SR_09
Abril / 2023

Logradouro não identificado (coordenadas UTM 23 S 216902 E; 7925303 S)



Descrição: Três moradias localizadas em terraço do rio Bagagem muito próximo de processos erosivos instalados (Figura 1). O bairro apresenta problemas de infraestrutura, como ausência de asfalto e drenagem superficial. As figuras 2 e 3 apresentam uma visão geral da planície de inundação.

Tipologia do processo: Solapamento de margem
Quantidade de imóveis em risco: 3
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Médio

Sugestão de intervenção:

- Fiscalizar a localidade durante e após chuvas volumosas;
- Conscientizar a população sobre os riscos associados a esses processos hidrológicos, especialmente durante o verão;
- Implantação de obras de infraestrutura no

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.

² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_09
- Rio Bagagem
- Direção da água em momentos de cheia
- Direção de Fluxo da drenagem
- Fotografias

Notas

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes. .

0 15 30 m



Autoria
Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_10
 Abril / 2023
 RUA ELIAS TEOTÔNIO



Descrição: Encosta natural sustentada por blocos e matações graníticos fraturados e alterados (Figuras 1, 4 e 5) que representam riscos às moradias localizadas na base da mesma (Figuras 2 e 3). Para a construção das moradias, na altura da avenida, foram

Tipologia do processo: Rolamento de blocos
 Quantidade de imóveis em risco: 6
 Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
 Grau de risco: Médio

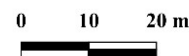
Sugestão de intervenção:
 - Estudos específicos (e.g. geofísicos, estruturais, geotécnicos, entre outros) de caracterização dos blocos graníticos;
 - Implantação de medidas estruturais.

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.

² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.



Autoria
 Robson Eduardo de Souza

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_10
- Sentido provável da movimentação de massa
- Fotografias

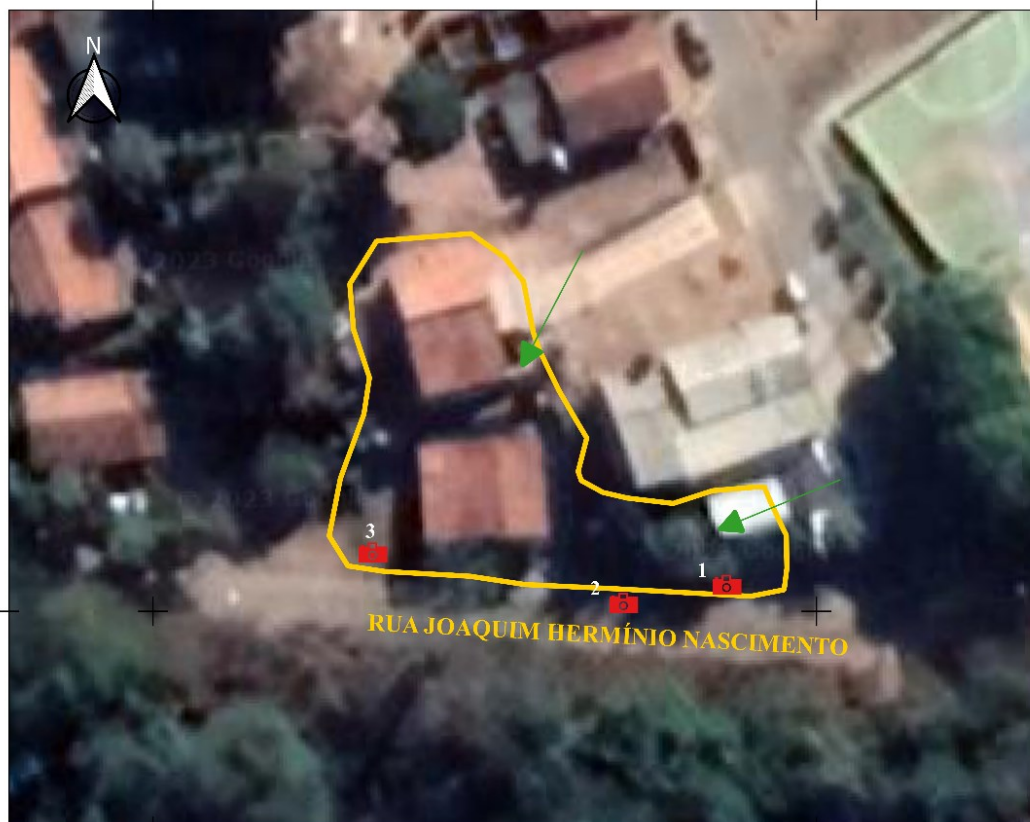
SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_11
 Abril / 2023



RUA JOAQUIM HERMÍNIO NASCIMENTO



Descrição: Moradias construídas sobre taludes de aterro compostos por blocos de granito, xisto e solo, cortados por tubulações de água e esgoto (Figura 1, 2 e 3). Não existem estruturas de contenção como retaludamento e drenagem superficial e muros de arrimo.

Tipologia do processo: Deslizamento
Quantidade de imóveis em risco: 3
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Médio

Sugestão de intervenção:
 - Adequação das redes de esgoto e de abastecimento doméstico;
 - Construção de estruturas de contenção;
 - Conscientização das famílias quanto ao manejo do solo do talude.

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

216850

216900

7925300

7925300

216850

216900

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.

LEGENDA

- Setor: MG_ES_SR_11
- Sentido da provável movimentação de massa
- Fotografias

Autoria
 Robson Eduardo de Souza

PRANCHA 12: Setor MG-ES-SR-12

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA

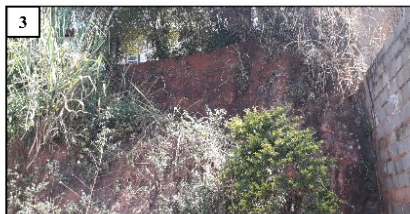


Estrela do Sul - MG
Código: MG_ES_SR_12
Abril / 2023



AVENIDA MANOEL COELHO DE RESENDE

215720 215760 215800 215840 215880



Descrição: Moradias construídas em taludes de grande inclinação e ausência de obras estruturais (Figuras 2, 3, 4 e 5). Disposição de esgoto irregular. A existência de espaço entre as casas favorece a percolação descontrolada das águas pluviais e do esgoto lançado (Figuras 2, 3 e 5), podendo contribuir para a instabilidade dos taludes.

Tipologia do processo: Deslizamento
Quantidade de imóveis em risco: 12
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Médio

Sugestão de intervenção:
- Instalação de escadas hidráulicas, muros de contenção;
- Adequação das redes de esgotol e de abastecimento doméstico;
- Conscientização das famílias quanto ao manejo do solo do talude.

¹ Não foi possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.

² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.

LEGENDA

- MG_ES_SR_12
- Sentido da provável movimentação de massa
- Fotografias

Autoria
Robson Eduardo de Souza

SETORIZAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA



Estrela do Sul - MG
 Código: MG_ES_SR_13
 Abril / 2023



RUA OLÍMPIO BRAGUINHA / RUA JOÃO BATISTA BACELAR



Descrição: Ponto de turismo religioso (Igreja Bagáinha) localizada no topo de encosta natural de alta declividade (Figuras 4 e 6). São observadas trincas na escadaria de acesso e árvores inclinadas, indicando a instalação de processo de rastejo que pode desencadear o deslizamento da encosta. O morrote é sustentado por xistos (Figuras 2 e 5).

Tipologia do processo: Rastejo/Deslizamento
Quantidade de imóveis em risco: 4
Quantidade de pessoas em risco: Sem dados
Grau de risco: Médio

Sugestão de intervenção:
 - Construção de estruturas de contenção;
 - Estudos específicos para analisar a estabilidade do talude.

¹ Não possível obter a contagem de residentes neste setor, cabendo à Defesa Civil do município realizar outras avaliações.
² Os locais que compartilham características topográficas e geológicas com este setor, mas atualmente não possuem moradias, podem se tornar áreas de risco no futuro caso sejam realizadas construções ou intervenções inadequadas.

Notas:

1. As observações de campo e avaliações qualitativas constituem a única base das informações contidas nesta prancha;
2. Recomenda-se que estudos geológico-geotécnicos e/ou hidrológicos específicos fundamentem qualquer intervenção estrutural;
3. São necessárias atualizações nos graus de risco e delimitação dos setores, tendo em vista que as transformações naturais e antrópicas são constantes.

LEGENDA

- MG_ES_SR-10
- Rio Bagagem
- Sentido da provável movimentação de massa
- Fotografias

Autoria
Robson Eduardo de Souza

ANEXOS III
Mapas Índice



MAPA ÍNDICE DE SETORIZAÇÃO DE RISCOS ALTO E MUITO ALTO
ESTRELA DO SUL - MG
Junho/2023



214500

216000

217500

7927500

7926000

7924500



214500

216000

217500

50°0'W

45°0'W

40°0'W

7927500

50°0'W

45°0'W

40°0'W

180000

210000

240000

7926000

7924500

180000

210000

240000

Número Total de Setores: 6
Número Total de Imóveis: 31
Número Total de Pessoas: Sem dados
Principais Tipologias: Alagamento, Enchente, Inundação e Deslizamento

LEGENDA

- Área de Estudo
- Limite Municipal de Estrela do Sul
- Setores de alto risco
- Setores de risco muito alto
- Rio Bagagem

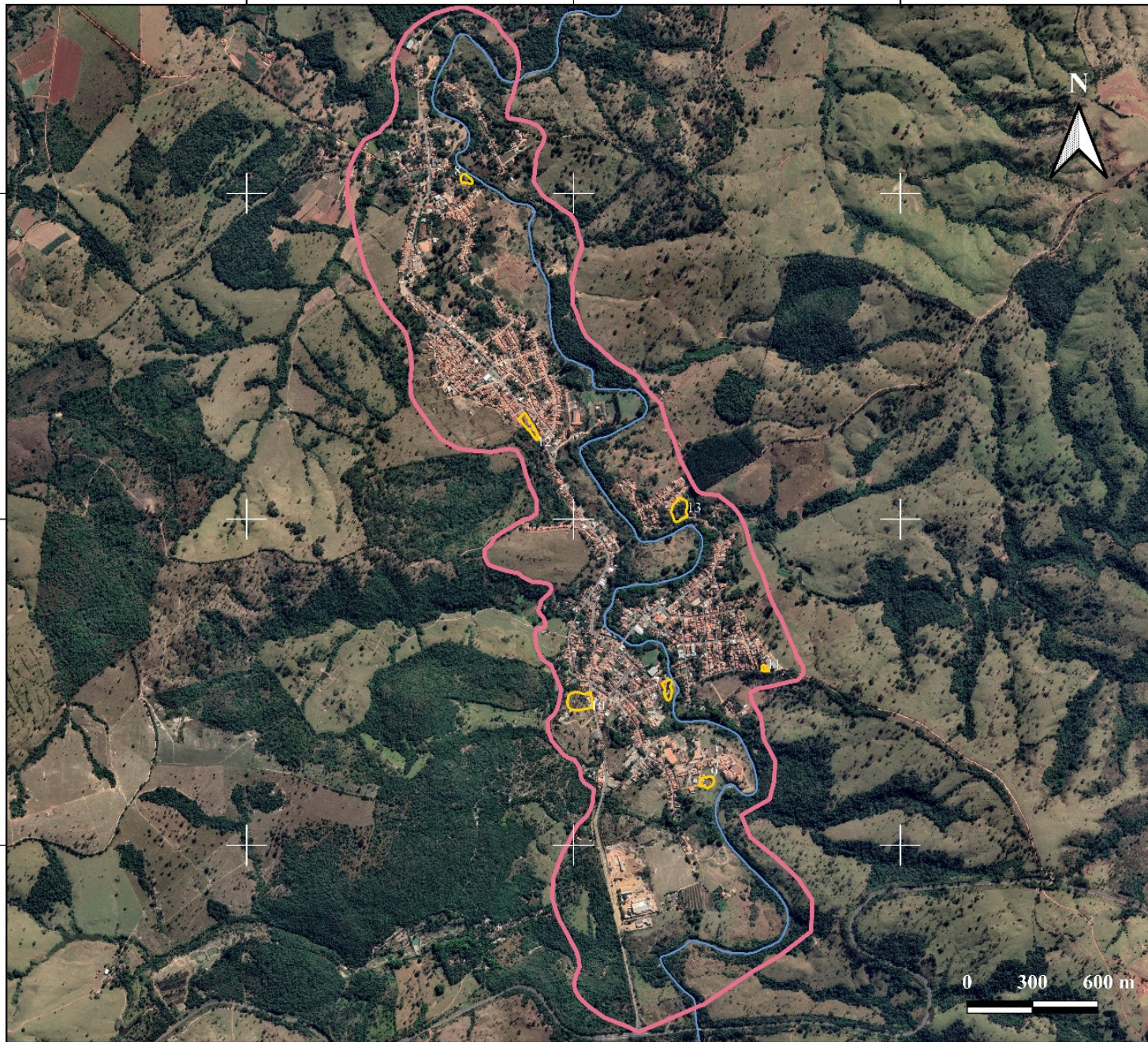
Autoria: SOUZA, R. E. de. (2023)



MAPA ÍNDICE DE SETORIZAÇÃO DE RISCO MÉDIO (ÁREAS PARA MONITORAMENTO)
ESTRELA DO SUL - MG
Junho/2023



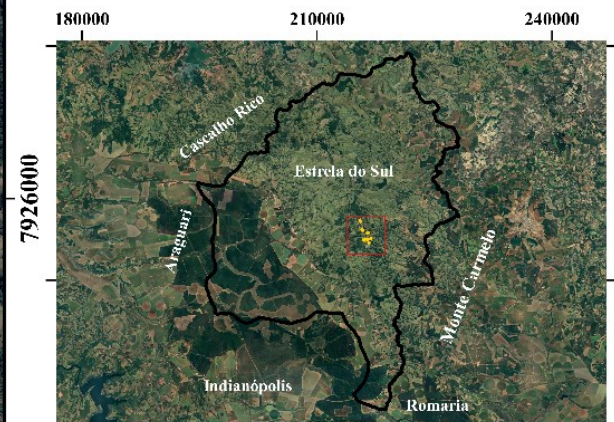
214500 216000 217500



50°0'W 45°0'W 40°0'W

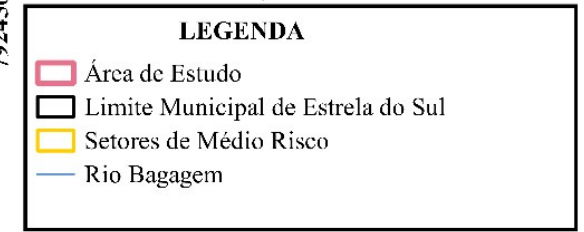


50°0'W 45°0'W 40°0'W



180000 210000 240000

Número Total de Setores: 7
Número Total de Imóveis: 30
Número Total de Pessoas: Sem dados
Principais Tipologias: Enchente, Inundação, Rolamento de Blocos, Deslizamento



Autoria: SOUZA, R. E. de. (2023)

