



**Felipe Greco Torres**

**MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO DO SETOR NORDESTE  
DO MUNICÍPIO DE BOCAINA DE MINAS – MG 1:25.000**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2019

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2019



UFRJ

**Felipe Greco Torres**

**MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO DO SETOR NORDESTE  
DO MUNICÍPIO DE BOCAINA DE MINAS – MG 1:25.000**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador(es):

Emilio Velloso Barroso

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2019

TORRES, Felipe Greco/ MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO DO SETOR NORDESTE DO MUNICÍPIO DE BOCAINA DE MINAS – MG 1:25000. TORRES, Felipe Greco - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2019.

70 p: il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

Orientador: BARROSO, Emilio Velloso.

1. Geologia. 2. Geologia de Engenharia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. BARROSO, Emilio Velloso. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Mapeamento de padrões de relevo do setor nordeste do município de Bocaina de Minas – MG 1:25000.

**Felipe Greco Torres**

**MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO DO SETOR NORDESTE  
DO MUNICÍPIO DE BOCAINA DE MINAS – MG 1:25000**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador(es):

Emilio Velloso Barroso

Aprovada em: 05. 06. 2020

Por:

---

Orientador: Emilio Velloso Barroso (UFRJ)

---

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (SGB-CPRM)

---

Helena Polivanov (UFRJ)

Dedico este trabalho ao meu filho Johann Garro Torres, que neste momento tem sido minha maior motivação para a conclusão deste trabalho e para prosseguir firme buscando a alegria e bem-estar daqueles que me rodeiam.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de primeiramente agradecer a minha família que tanto tem me apoiado nesta dura jornada, em especial minha esposa Isabela Torres que está sempre ao meu lado em todas as decisões de minha vida e é a minha fortaleza, assim como meus pais que ao longo de toda minha jornada me incentivaram, apoiaram e foram para mim grandes exemplos de dedicação e superação. Sou eternamente grato a todos porque sei que sem eles minha vida não teria a mesma alegria e motivação.

Gostaria também de agradecer à Deus e a minha fé pela força e coragem que me dão para prosseguir firme no caminho que devo trilhar, motivando-me e ajudando a buscar sempre a excelência em tudo que faço.

Agradeço a todos meus professores e todos os meus colegas de classe que tanto me ajudaram nesta jornada, às noites de sono mal dormidas e dias estudando que ao final de tudo valeram a pena e me ajudaram a crescer e ser melhor como pessoa. Em especial ao Olavo, Adriel e Fábio, grandes amigos que tanto me ajudaram.

Sou grato à CPRM – Serviço Geológico do Brasil, local onde fiz durante dois anos estágio e que tanto me auxiliou, forneceu bases e recursos para a conclusão deste trabalho e além de uma grande experiência profissional. Grato em especial ao Jorge Pimentel e Victor Hilquias, grandes profissionais que tanto me apoiaram. Grato ao DEGET e à DICART, os dois departamentos no qual tive a oportunidade de trabalhar dentro da CPRM que me motivaram a realização deste trabalho

Grato também ao professor Emilio, que me orientou e auxiliou na elaboração deste trabalho de conclusão, assim como todos os amigos do Laboratório de Experimentos em Mecânica e Tecnologia de Rochas da UFRJ, liderado pelo meu orientador e grande professor Emilio Barroso que me incentivou e ajudou na conclusão deste trabalho.





*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt)*

## RESUMO

TORRES, Felipe Greco. **MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO DO SETOR NORDESTE DO MUNICÍPIO DE BOCAINA DE MINAS – MG 1:25000**. 2019. 70 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Bocaina de Minas é um município do estado de Minas Gerais com uma população de 5.007 habitantes e área de 502,7 km<sup>2</sup>, sendo o turismo sua maior fonte de capital, está inserido na faixa móvel, ou cinturão Ribeira e se encontra sobre gnaisses, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau. O município carece de estudos referentes à geomorfologia e os possíveis riscos geológicos no qual o relevo montanhoso pode acarretar à população, por isso a motivação de produzir uma carta de padrões de relevo no setor NE do município. As cartas de padrões de relevo são, em suma, um dos principais recursos utilizados para verificação da suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa e inundações e ela servirá de suporte para estudos na região. Neste trabalho a metodologia será dividida em algumas etapas sendo elas a escolha do município, estruturação da base de dados, ou base cartográfica, elaboração de produtos prévios para a preparação do mapa final, fotointerpretação dos padrões de relevo, validação de campo, elaboração de uma carta geomorfológica e análise e discussão dos aspectos da carta de padrões de relevo. Na região encontram-se 7 padrões de relevo, validados em campo que são analisados e discutidos dentro do trabalho de acordo com sua distribuição. Portanto a carta de relevo é por fim apresentada e as etapas futuras que podem ser trabalhadas com o material proposto são explicitadas na conclusão.

Palavras-chave: Geomorfologia, relevo; mapeamento

## Abstract

TORRES, Felipe Greco. **Mapping of patterns of the landscape relief in the northeast sector of Bocaina de Minas -MG 1:25000**. 2019. 78p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Bocaina de Minas is a county in the state of Minas Gerais with a population of 5.007 people and area of 502,7 km<sup>2</sup>, being the tourism its biggest profitable activity is inserted in the shifting trend, or Ribeira belt and its found above rocks like gneisses, migmatites and metamorphic rocks of low and medium degree. The municipality lacks studies regarding geomorphology and the possible geological risks in which the mountains landscapes can entail into the population, for this reason the motivation to produce the map of patterns of landscape relief in the northeast sector of Bocaina de Minas – MG. The map of patterns of landscape relief are, by fact, one of the main resources used to verify the susceptibility of gravitational mass movements and floods and it will be necessary to support current and future studies in the region. In this work the methodology will be divided in some steps like, the choice of the area, data base structure, or cartographic base, production of previous products for the preparation of the final mapping, photointerpretation of the landscape relief patterns, field certification, elaboration of a geomorphological map and analyses and discussion on the aspects of the landscape relief patterns mapping. In the region we find seven landscape relief patterns, validated in the field, that are analysed and discussed inside of the work, along with the distribution of the patterns. Therefore, the landscape relief mapping is presented and the future steps that can be worked with the final product are proposed in the conclusion.

Key-Words: Geomorphology, susceptibility; mapping

## Lista de Tabelas

### Capítulo 1

Tabela 1.1: Quantitativo da população atingida pelo desastre por município. (Defesa Civil, 2012) .....	18
Tabela 1.2: Sumário de perdas e danos com as inundações e deslizamentos na Região Serrana no ano de 2011, estimativas do Banco Mundial segundo informações oficiais (Defesa Civil, 2012). .....	18

### Capítulo 3

Tabela 3.1: Valores referentes aos domínios e padrões de relevo mapeados, com medidas de altimetria e declividade, gerado através dos valores da biblioteca de padrões de relevo da CPRM .....	43
--	----

### Capítulo 5

Tabela 5.1: Valores referentes aos domínios e padrões de relevo mapeados, com medidas de altimetria e declividade, gerado através dos valores da biblioteca de padrões de relevo da CPRM .....	69
--	----

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2.1: Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica (metodologia de análise de Ab'Saber, 1969) .....	26
Figura 2.2: Representação esquemática das unidades taxonômicas proposta por (ROSS, 1992) .....	28

### Capítulo 3

Figura 3.1: Exemplo de kits de trabalho para a organização da estrutura da base de dados .....	33
Figura 3.2: Exemplo extraído da biblioteca de padrões de relevo da CPRM, da unidade planícies de inundação, esse seria, portanto, o critério utilizado para a foto interpretação .....	35
Figura 3.3: mapa de inclinação de encostas do setor NE do município de Bocaina de Minas (Elaborado por Felipe Torres) .....	36
Figura 3.4: mapa hipsométrico do setor NE do município de Bocaina de Minas (Elaborado por Felipe Torres) .....	37
Figura 3.5: Mapa com algumas identificações prévias das feições erosivas dos dois setores principais do município o SW e NE. Um mapa exemplo para a construção do mapa de relevo da região. Com uma maior exemplificação apresentada no setor SW. ....	39
Figura 3.6: Exemplo extraído da biblioteca de padrões de relevo da CPRM, da unidade planícies de inundação, esse seria, portanto, o critério utilizado para a foto interpretação. ....	39
Figura 3.7: Exemplos de movimentos de massa e suas distintas classificações, (CEMADEN, 2019) .....	48

## Capítulo 4

Figura 4.1: Localização do município de Bocaina de Minas em relação ao Brasil, localizado no estado de Minas Gerais, fronteira com o estado do Rio de Janeiro, localizado na região Sudeste do país. ....	50
Figura 4.2: Localização do município de Bocaina de Minas em relação à região Sudeste do Brasil. ....	50
Figura 4.3: Município de Bocaina de Minas, com uma percepção mais ampliada do relevo da região em que ocorrera o mapeamento. ....	51
Figura 4.4: Centro comercial do vilarejo de Maringá. (fonte: amoviscondedemaui.com.br) .....	52
Figura 4.5: Ponte sobre o Rio Preto que separa o município de Itatiaia no Rio de Janeiro e o município de Bocaina de Minas em Minas Gerais. (fonte: tripadvisor.com.br) .....	52
Figura 4.6: Cachoeira do Escorrega de Maromba, localizada no Rio Preto, rio que divide os dois municípios e estados. (fonte: viscondedemaui.com.br) .....	53

Fig. 4.7 - Principais feições geomorfológicas do RCSB, entre as bacias de São Paulo e Macacu .....	55
Fig. 4.8- Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil .....	56
Fig. 4.9 - Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) .....	57
Fig. 4.10 - Mapa geológico, folha Jacutinga, que compreende a região do município. Fonte: CPRM .....	58
Fig. 4.11 – Mapa de Unidades geológicas do município de Bocaina de Minas, mapa extraído do mapeamento geológico previamente elaborado pela CPRM no ano de 2014 .....	61

## Capítulo 5

figura 5.1: Mapeamento geomorfológico de padrões de relevo referente ao setor NE de Bocaina de Minas – MG (elaborado por Felipe Torres) .....	63
Figura 5.2: Mapeamento geomorfológico de padrões de relevo referente ao setor NE de Bocaina de Minas – MG, com relevo sombreado ao fundo. (elaborado por Felipe Torres) .....	64
Figura 5.3: Imagens demonstrando as feições morros altos e domínio serrano na região de Bocaina de Minas – MG, (fonte: Felipe Torres) .....	67
Figura 5.4: Imagens demonstrando a feições morros altos presente ao fundo da imagem na região de Bocaina de Minas – MG (fonte: Felipe Torres) .....	67
Figura 5.5: Imagens demonstrando a feições morros baixos no entorno da feição planícies de inundação, presente na parte medial da imagem, inserida na região de Bocaina de Minas – MG. (fonte: Felipe Torres) .....	68

## Sumário

Agradecimentos .....	vii
Resumo .....	x
<i>Abstract</i> .....	xi
Lista de tabelas .....	xii
Lista de figuras .....	xii
Sumário .....	xv
<b>1 Introdução</b> .....	17
1.1 Apresentação do tema .....	17
1.2 Motivação .....	19
1.3 Objetivos .....	21
1.4 Objetivo geral .....	22
1.5 Organização da monografia .....	22
<b>2 Revisão bibliográfica</b> .....	23
2.1 Bibliografia Geomorfológica .....	23
2.2. Bibliografia referente à base para uma futura análise da suscetibilidade .....	28
<b>3 Metodologia</b> .....	30
3.1 Métodos e procedimentos técnicos .....	30
3.2 Escolha do município e setorização .....	31
3.3 Estruturação da base de dados .....	32
3.4 Produtos prévios para preparação do mapa final .....	34
3.5 Fotointerpretação dos padrões de relevo .....	40
3.6 Validação de campo .....	44
3.7 Pré-Campo .....	44
3.8 Verificação de campo .....	45
3.9 Pós-campo .....	46
3.10 Análise da suscetibilidade e de feições .....	47
<b>4 Caracterização da área de estudo</b> .....	49

4.1 Município de Bocaina de Minas .....	49
4.2 Setor NE do município de Bocaina de Minas .....	53
4.3 Geologia Regional .....	54
4.4 Geologia Local .....	59
<b>5 Resultados e produtos</b> .....	<b>62</b>
5.1 Apresentação do mapa final de padrões de relevo .....	62
5.2 Validação de campo e pós campo .....	66
5.3 Resultados referentes à distribuição dos padrões de relevo .....	69
<b>6 Discussão e Conclusão</b> .....	<b>70</b>
6.1 Discussão referente ao produto do mapeamento final .....	70
6.2 Discussão referente à distribuição espacial das classes de padrões de relevo do setor mapeado .....	71
6.3 Discussão referente distribuição dos padrões de relevo com relação à hipsometria e inclinação das encostas .....	72
6.4 Conclusões .....	73
6.5 Possíveis etapas futuras .....	74
<b>7 Referências bibliográficas</b> .....	<b>75</b>



## 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação do tema

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, elaborado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED, 2012) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), nas últimas décadas os desastres naturais estão cada vez mais presentes e mais constantes na vida dos Brasileiros. Há um considerável aumento da frequência e intensidade desses processos físicos, assim como os danos e prejuízos causados.

É fato que temos observado uma maior preocupação com o tema, assim como uma abordagem cada vez mais técnica para a resolução da problemática apresentada. Entre 1991 e 2012 foram registradas 669 ocorrências de movimentos de massa no Brasil, porém é importante mencionar que dentre todos os acontecimentos relacionados a essa temática o de maior relevância recente foi o desastre que ocorreu na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro entre os dias 11 e 12 de Janeiro de 2011.

Uma grande sequência de chuvas fortes causaram grandes enxurradas, vários deslizamentos e fluxos de detritos na região Serrana com diversas cicatrizes e feições erosivas geradas além do soterramento de diversas casas e muitos casos de doenças graves registrados na região. De acordo com a tabela 1.1 as dimensões do desastre foram devastadoras com mais de 16 mil desabrigados e mais de 300 mil afetados pela catástrofe. O desastre provocou 905 mortes, com perdas e danos totais estimados em 4,8 bilhões de reais, segundo um relatório elaborado pelo Banco Mundial em novembro de 2012.

Além das estatísticas apresentadas na primeira tabela temos a tabela 1.2 que ilustra um pouco mais dos prejuízos que a região sofreu com relação as finanças e gastos públicos e privados. Os municípios mais afetados foram: Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto e Bom Jardim, na Região Serrana, e Areal na Região Centro-Sul do estado do Rio de Janeiro. Além destes, também foram afetados os municípios de Santa Maria Madalena, Sapucaia, Paraíba do Sul, São Sebastião do Alto, Três Rios, Cordeiro, Carmo, Macuco, Cantagalo.

Município	Afetados	Desabrigados	Desalojados	Mortos	Feridos
Areal	7,000	1,469	1,031	na	15
Bom Jardim	12,380	632	1,186	na	423
Nova Friburgo	180,000	3,800	4,500	420	900
Teresópolis	50,500	6,727	9,110	355	837
São José do Vale do Rio Preto	20,682	790	na	na	163
Sumidouro	15,000	240	311	22	13
Petrópolis	19,000	2,800	6,341	68	na
<b>Total</b>	<b>304,562</b>	<b>16,458</b>	<b>na</b>	<b>na</b>	<b>na</b>
<b>Subtotal</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>22,479</b>	<b>865</b>	<b>2,351</b>

Tabela 1.1: Quantitativo da população atingida pelo desastre por município. (Defesa Civil, 2012)

	Impacto (R\$ 1.00)		Propriedade		Total
	Danos	Perdas	Setor Público	Setor Privado	
<b>Infraestrutura</b>	<b>1,106,312,344.44</b>	<b>16,426,518.04</b>	<b>1,038,839,939.38</b>	<b>83,898,923.10</b>	<b>1,013,585,000.00</b>
Transporte	620,971,233.15	0.00	620,971,233.15	0.00	620,971,233.15
Telecomunicações	9,303,400.00	0.00	0.00	9,303,400.00	9,303,400.00
Água e saneamento	453,890,352.83	3,143,000.00	417,868,706.23	39,164,646.60	457,033,352.83
Energia	22,147,358.46	13,283,518.04	0.00	35,430,876.50	35,430,876.50
<b>Setores Sociais</b>	<b>721,817,800.00</b>	<b>1,973,754,827.97</b>	<b>2,047,382,327.97</b>	<b>648,190,300.00</b>	<b>2,695,572,627.97</b>
Habitação	644,685,300.00	1,964,987,327.97	1,962,662,327.97	647,010,300.00	2,609,672,627.97
Saúde	2,502,500.00	8,767,500.00	10,720,000.00	550,000.00	11,270,000.00
Educação	74,630,000.00	0.00	74,000,000.00	630,000.00	74,630,000.00
<b>Setores Produtivos</b>	<b>294,724,415.61</b>	<b>601,376,475.88</b>	<b>2,000,000.00</b>	<b>894,100,891.49</b>	<b>896,100,891.49</b>
Agricultura	124,000,000.00	90,000,000.00	0.00	214,000,000.00	214,000,000.00
Indústria	30,184,961.00	123,297,889.00	0.00	153,482,850.00	153,482,850.00
Comércio	133,539,454.61	335,678,586.9	0.00	469,218,041.49	469,218,041.49
Turismo	7,000,000.00	52,400,000.00	2,000,000.00	57,400,000.00	59,400,000.00
<b>Meio ambiente</b>	<b>71,466,000.00</b>	<b>0.00</b>	<b>71,466,000.00</b>	<b>0.00</b>	<b>71,466,000.00</b>
<b>Total</b>	<b>2,194,320,560.05</b>	<b>2,591,557,821.89</b>	<b>3,159,688,267.35</b>	<b>1,626,190,114.59</b>	<b>4,785,878,381.94</b>

Tabela 1.2: Sumário de perdas e danos com as inundações e deslizamentos na Região Serrana no ano de 2011, estimativas do Banco Mundial segundo informações oficiais (Defesa Civil, 2012).

Após esses estudos e esses casos apresentados, diversos órgãos e Centros de Pesquisa, como por o CEMADEN, CPRM, IPT, DRM, entre outros tem se dedicado a estudar maneiras de prevenção. Diversos mapeamentos e análise das localidades que poderiam ser atingidas começaram a ser elaborados devido a impossibilidade de se evitar que alguns fenômenos naturais ocorram. Esses estudos possuem motivações e efeitos positivos para a população.

Para um estudo e a análise detalhada da problemática os padrões de relevo são importantes ferramentas para o mapeamento de áreas suscetíveis aos processos de escorregamentos e inundações, sendo esse o motivo da proposta de se fazer um mapeamento dos padrões de relevo do município de Bocaina de Minas no estado de Minas Gerais, classificando segundo o padrão estabelecido pela biblioteca de padrões de relevo elaborada pelo serviço geológico do Brasil através do Departamento de Gestão Territorial (DANTAS, 2016) e em seguida discutir a distribuição dos padrões dentro da região e as implicações que esse mapeamento podem vir a trazer para a região onde o município em estudo se encontra.

## 1.2 Motivação

Atualmente a CPRM (Serviço Geológico do Brasil) apresenta em seu portal 507 cartas de suscetibilidade à movimentos de massa e inundações executadas entre os anos de 2012 e 2019 e a elaboração das mesmas atendem as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), estabelecida pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012).

As cartas indicam áreas suscetíveis a fenômenos e processos do meio físico cujas dinâmicas podem gerar desastres naturais. Tendo em vista sempre o direito a vida, um direito fundamental apresentado no artigo 5º, caput, da Constituição Federal de 5 de Outubro de 1988, *“Art. 5º. Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade”*. É portanto, obrigação do estado garantir esse direito a todos os brasileiros, tendo isso em mente as cartas elaboradas de acordo com a Lei Federal 1.608/2012 (BRASIL, 2012), são para garantir a segurança e a manutenção da vida de todos os brasileiros que se encontram em situação de risco ou que podem vir a ser afetados pelos desastres naturais frequentes em nosso território.

A grande motivação deste trabalho é ter a certeza de que grande parte ou a completa maioria da população de nosso país que vive em áreas de risco, pode ser alertada da iminência

do risco de desastres naturais, podendo assim salvar suas vidas e preservar sua dignidade humana.

Assim como os alertas preventivos referentes aos desastres que podem ser utilizados é importante ressaltar que a aplicação de políticas públicas para a prevenção da construção de edificações em área de alto risco é crucial na minimização da perda de vidas e dos danos materiais que os desastres naturais podem gerar.

Segundo KOBAYAMA *et al.* (2004), existem três tipos de órgãos que trabalham na prevenção de desastres naturais, são eles os órgãos governamentais, não governamentais e o que o autor chama de “órgãos individuais”, que seriam no caso as próprias pessoas que fazem parte da comunidade na qual o risco se torna presente, entretanto para ele o principal órgão e aquele que apresenta maiores responsabilidades são os órgãos governamentais.

Entre essas responsabilidades ele lista algumas, como por exemplo: reconhecimento dos riscos e perigos com base científica, divulgação dos resultados de simulação dos danos, planejamentos para medidas emergenciais, integração de diferentes setores e secretarias, sistemas de previsão de alerta, pagamento e manutenção de funcionários, treinamento de pessoal e qualificação e manutenção financeira de todos os recursos criados e elaborados para o trabalho.

No mesmo artigo citado os autores mencionam sobre a importância da integração da academia, no caso a universidade, com órgãos responsáveis transformando a realidade e disponibilizando informações que auxiliam a melhoria da qualidade de vida da população.

Tendo como base a prevenção de acidentes, a manutenção da vida e levando em consideração a experiência obtida com relação a devida temática acredita-se que não faltam motivos para que o assunto seja tratado e abordado da maneira adequada, visando a elaboração de um trabalho que atenda tanto os meios científicos exigidos quanto à população que necessita desse tipo de iniciativa.

As cartas de padrões de relevo são, em suma, um dos recursos utilizados para verificação da suscetibilidade, de fato um dos mais importantes, além deles temos outros recursos bastante relevantes para tal estudo como a verificação da natureza dos materiais presentes nas encostas, quantidade de água absorvida e contida nos materiais e a declividade e altimetria das encostas segundo (GROTZINGER, 2013).

Não existe maneira completamente eficaz de se indicar ou avaliar os perigos e riscos assim como a análise da suscetibilidade à movimentos de massa sem que se tenha um conhecimento profundo e detalhado do relevo que estará sendo estudado, por isso a motivação maior de

construir e elaborar a carta de padrões de relevo para que esse conhecimento seja analisado propriamente e consolidado na região onde o estudo será realizado.

### 1.3 Objetivos

Ao longo do trabalho temos uma gama de materiais obtidos para a discussão e compreensão do assunto abordado, porém temos 4 grandes objetivos que podem resumir e serem exemplificados da seguinte maneira:

- 1- Produção das cartas de padrões de relevo do setor NE do município de Bocaina de Minas – MG, através da classificação apresentada na metodologia, levando em consideração análises hipsométricas, fotointerpretações e declividades.
- 2- Sintetização dos resultados do mapeamento em um documento cartográfico para o município em estudo, gerando assim uma base para futura análise da suscetibilidade à movimentos de massa e inundações além de outras informações relevantes para o trabalho.
- 3- Edição de produtos cartográficos como a elaboração de mapas prévios, em preparação para o produto principal que será o mapeamento de relevos e a análise da suscetibilidade à movimentos de massa e inundações
- 4- Análise de indicadores e padrões de relevo mapeados, assim como suas disposições e área dentro do setor NE do município. Conclusão e discussão do produto final apresentado.

Após a elaboração e produção do material uma análise e uma avaliação criteriosa da metodologia e dos procedimentos técnicos serão feitos para que se possa levantar os prós e os contras da metodologia, assim como sua aplicação. Perguntas serão feitas como as seguintes; “A metodologia cumpre seu papel na análise da geomorfologia do município? Além destas perguntas, respostas serão discutidas no capítulo final avaliando assim o material produzido.

É muito importante essa análise por sabermos que a CPRM – Serviço Geológico do Brasil é o principal órgão responsável, havendo após uma atuação direta de órgãos do poder executivo como a Defesa Civil municipal, caso exista no município, para a atuação junto à população.

## **1.4 Objetivo Geral**

O principal objetivo do estudo é a elaboração da carta de padrões de relevo do município de Bocaina de Minas – MG e fornecimento de base para futura análise da suscetibilidade do município à movimentos gravitacionais de massa e inundações através da carta elaborada. Este produto será de grande ajuda na elaboração do plano diretor municipal (PDM), assim como após um repasse do material para autoridades municipais vigentes irá auxiliar no incentivo da criação da defesa civil do próprio município, pois atualmente o município não detém uma.

A carta será de grande ajuda e incentivo portanto ao município no pedido na criação da defesa civil do estado junto ao Ministério Público, porque atualmente o serviço que deveria ser realizado pela Defesa Civil é realizado pelo Corpo de Bombeiros regional onde acredita-se não se ter todo o treinamento e preparo para a atuação específica referente a esta temática dentro do próprio município.

## **1.5 Organização da monografia**

Os capítulos serão divididos de acordo com a seguinte estrutura.

No capítulo 1, como já redigido, uma apresentação do tema assim como suas problemáticas, assuntos abordados ao longo da dissertação e os objetivos e motivações do estudo.

No capítulo 2, será feita uma breve revisão bibliográfica do assunto estudado com dados e informações que irão fomentar o conhecimento científico da pesquisa e discussões sobre a temática base fundamental para a pesquisa.

No capítulo 3, teremos a apresentação da metodologia, com imagens e informações que irão exemplificar a maneira como o trabalho foi executado ao longo da pesquisa.

No capítulo 4, será apresentada uma caracterização da área de estudo, neste capítulo será mostrado o motivo da escolha do município assim como as informações da área que serão importantes para a apresentação do resultado.

No capítulo 5, será feita a aplicação da metodologia assim como a apresentação dos resultados, que são base para o produto principal, a etapa de elaboração da carta de padrões de relevo e todo o trabalho para sua preparação com importantes fatos levantados e questionados referentes a metodologia, elaboração do produto e funcionalidade.

No capítulo 6, serão propostas as discussões, a conclusão e as etapas futuras.

Ao término no capítulo 7, teremos as referências bibliográficas do estudo.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Bibliografia Geomorfológica

A suscetibilidade à movimentos de massa é um tópico bastante abordado mundo afora, porém no Brasil o principal órgão responsável por isso é o Serviço Geológico do Brasil, que possui uma grande produção de mapas e relatórios atribuídos a esta temática. Dentro da CPRM, o departamento responsável por esse trabalho é o Departamento de Gestão Territorial (DEGET), nele diversos trabalhos relacionados vêm sendo elaborados.

Referente à análise Geomorfológica, ou seja, à construção da carta de padrões de relevo, Ab'saber é a grande referência ao assunto, em seu artigo “Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário” (AB'SABER, 1969) a dinâmica geomorfológica já é levada em consideração quando se estuda os processos referentes à suscetibilidade. Com relação ao estudo, 3 fatores são levados em consideração: a compartimentação morfológica dos terrenos; levantamento da estrutura superficial das paisagens e estudo da fisiologia da paisagem, esses três fatores podem ser mais claramente entendidos com a figura 2.1.

De forma muito fácil de se compreender a figura analisa os conceitos de morfometria, morfografia e morfogenética na primeira ilustração, na segunda adiciona o conceito morfocronológico e finaliza com o morfodinâmico, demonstrando assim que a geomorfologia apresenta diversos fatores que necessitam um estudo detalhado e que influenciam na classificação final dos padrões de relevo de cada região específica.

O município em estudo é relativamente grande, com cerca de 502,7 km<sup>2</sup> e a densidade demográfica, de 9,95 hab/km<sup>2</sup>, ou seja, uma área grande para a quantidade de habitantes no município, os conceitos analisados no setor NE são semelhantes, porém os resultados referentes à caracterização são diferenciados. Levando também em consideração que o município possui uma grande quantidade de rochas ígneas e metamórficas, ainda assim se torna relevante essa análise pois apresenta muitas regiões com uma extensa vegetação, grande exposição ao solo e uma área significativa de moradores, residências e espaços públicos que acabam entrando dentro da dinâmica geomorfológica mesmo que haja uma ação antrópica.

Os conceitos abordados na figura 2.1 levam em consideração uma dinâmica atual para os movimentos de massa, levando em consideração diferentes níveis de abordagem referente aos processos mecânicos geomorfológicos. A análise feita por Ab'Saber leva em consideração processos pos-cretáceos, com cerca de 145 Ma, entretanto hoje ainda encontram-se processos

como esses acontecendo, sendo estes processos justamente aqueles que serão verificados e abordados ao longo do trabalho.

Grande parte das rochas da região são pré-cretáceas tendo uma origem no período Ediacarano, no Neoproterozóico por exemplo, mas temos também os complexos alcalinos que são datados do Cretáceo e diversas regiões com registros de solos espessos e com formação recente dentro da escala geológica.

Na figura 2.1, uma análise mais recente é feita para que se possa entender o relevo atual e os diferentes processos que podem ocorrer no relevo em que o município se encontra inserido. Quando se entende a dinâmica do relevo segundo a figura 2.1, levando em consideração a chuva e a geologia da região entende-se o panorama atual que temos no município e assim é possível classificar os padrões de relevo e entender a disposição dos diferentes padrões na área em estudo.

Para entendermos melhor a aplicação da figura no estudo é importante entender o conceito de sistema aplicado à geomorfologia, segundo (CHORLEY et al., 1984) *O conceito de sistema aplicado à Geomorfologia é definido como uma estrutura de processos interativos, na qual as formas de relevo funcionam individualmente e em conjunto para formar um complexo de paisagens. Portanto, uma forma de relevo faz parte de um sistema menor que constitui os modelados. O sistema é então constituído por modelados, material e fluxo de energia que não podem ser compreendidos sem o domínio da complexidade das formas individuais. Portanto, a inter-relação dos elementos morfológicos, de energia e fluxo de material formam o sistema geomorfológico. As formas de relevo resultam de uma funcionalidade muito abrangente que envolve uma atuação conjunta dos fatores climáticos como o relevo, o solo, as rochas e a estrutura.*

Com este entendimento em mente é possível compreender o porquê dos detalhes e dinâmicas explicitadas na figura. As formas e padrões de relevo são produtos da interrelação de diversos elementos morfológicos, portanto a somente classificação de um padrão de relevo não contém todas as informações necessárias para se prever um possível movimento de massa ou inundação, porém indica uma possibilidade ou não de haver o incidente caso outros fatores contribuam para tal acontecimento. A compreensão é então feita, tanto em larga escala, pequena escala e levando em consideração os fatores dinâmicos do meio.

Analisando os 3 fatores levados em consideração na compartimentação morfológica dos terrenos sabemos que ela é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo Digital de Elevação - MDE). Essa avaliação é diretamente aplicada aos estudos de



ordenamento do uso do solo e planejamento territorial, constituindo-se em uma primeira e fundamental contribuição da Geomorfologia.

A estrutura superficial das paisagens consiste no estudo dos mantos de alteração *in situ* (formações superficiais autóctones) e coberturas inconsolidadas (formações superficiais alóctones) que jazem sob a superfície dos terrenos. É de grande relevância para a compreensão da gênese e evolução das formas de relevo e, em aliança com a compartimentação morfológica dos terrenos, constitui-se em importante ferramenta para se avaliar o grau de fragilidade natural dos terrenos frente aos processos erosivo-deposicionais.

A fisiologia da paisagem, por sua vez, consiste na análise integrada das diversas variáveis ambientais em sua interface com a Geomorfologia, ou seja, a influência de condicionantes litológico-estruturais, padrões climáticos e tipos de solos na configuração física das paisagens. Com essa terceira avaliação objetiva-se, também, compreender a ação dos processos erosivo-deposicionais atuais, incluindo todos os impactos decorrentes da ação antropogênica sobre a paisagem natural. Dessa forma, embute-se na análise geomorfológica o estudo da morfodinâmica do relevo, privilegiando-se a análise de processos.

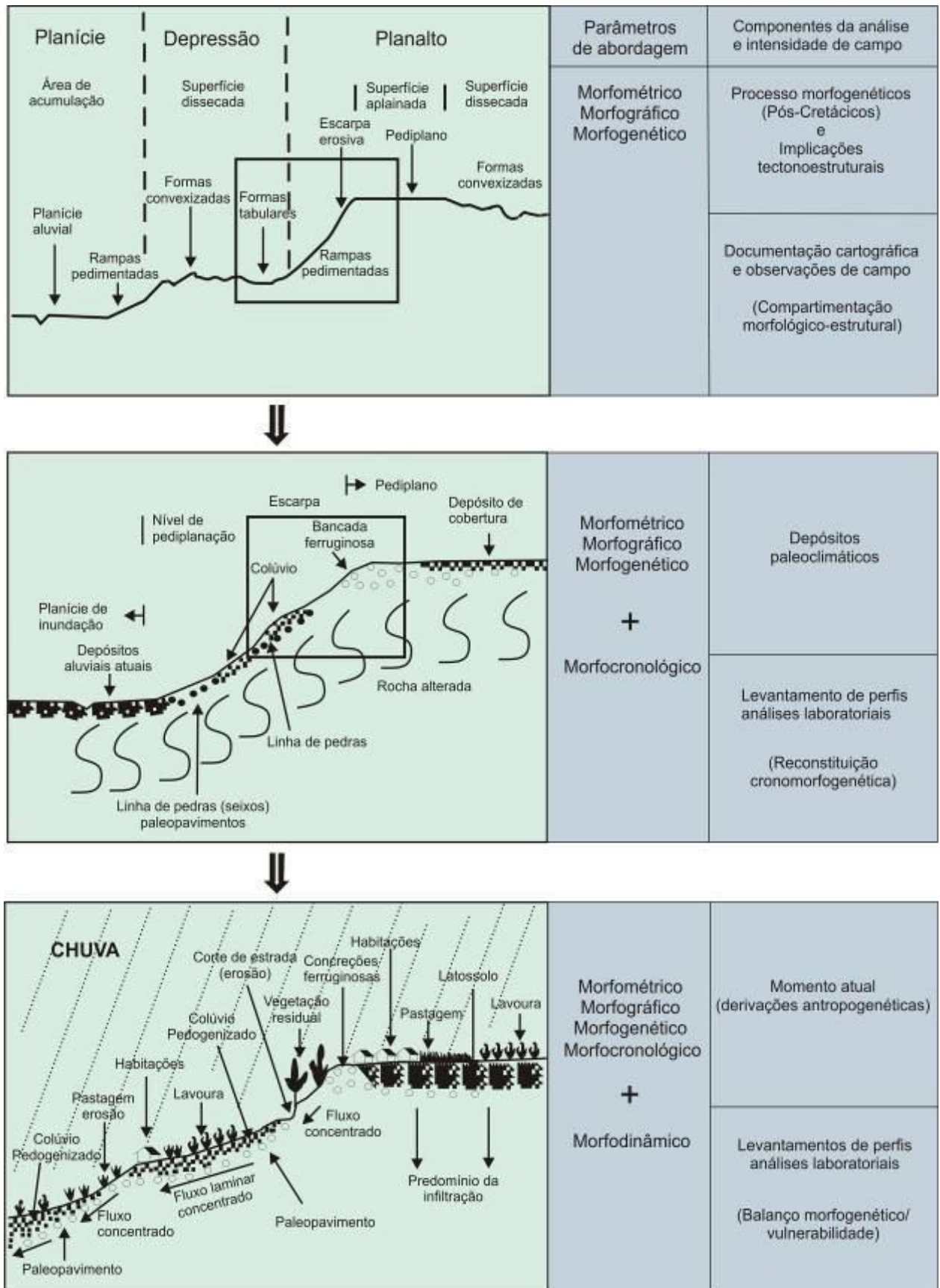


Figura 2.1: Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica (metodologia de análise de Ab'Saber, 1969)

Continuando assim a análise bibliográfica, na biblioteca de padrões de relevo utilizada para a caracterização da área em estudo são avaliados aspectos de gênese, morfodinâmica e evolução do modelado. Portanto, a compartimentação de relevo efetuada nos mapeamentos de suscetibilidade elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) compreende o acúmulo de experiências em mapeamentos geomorfológicos realizados em diferentes escalas.

Com a presente Biblioteca de Padrões de Relevo, a CPRM/SGB tem como objetivo principal de mapear a morfologia dos terrenos e gerar dados morfológicos e morfométricos que, além de caracterizar o modelado das paisagens, fornecem informações para a delimitação de áreas sujeitas a inundação, enxurrada e corridas de massa. Essas delimitações são feitas posteriormente quando existe a preparação e produção das cartas de suscetibilidade à inundações e movimentos de massa.

O mapeamento de padrões de relevo, relevante para a pesquisa que está sendo realizada, representa, em linhas gerais, o 3º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por (ROSS, 1992). Em alguns casos, foram identificadas relevantes feições de relevo para o mapeamento em escala de semi-detalhe, abrangendo o quarto, quinto e sexto táxon, de acordo com a figura 2.2. Muito importante ressaltar que independente do esquema geral elaborado por (ROSS, 1992), não será necessário neste presente estudo levar em consideração o primeiro e segundo, porque não estamos em um contexto de bacia sedimentar, portanto nossa unidade morfoestrutural não é uma bacia e sim a serra da Mantiqueira, que apesar de não ser uma unidade sedimentar encontra sim unidades sedimentares e morfológicas em táxons mais avançados dentro da classificação de Ross. Exemplos de classificações dentro da biblioteca de padrões de relevo no 3º táxon são os padrões de colinas e os morros presentes no setor NE do município de Bocaina de Minas – MG, no 4º táxon temos as classificações propriamente ditas além de uma separação altimétrica dos morros altos e morros baixos.

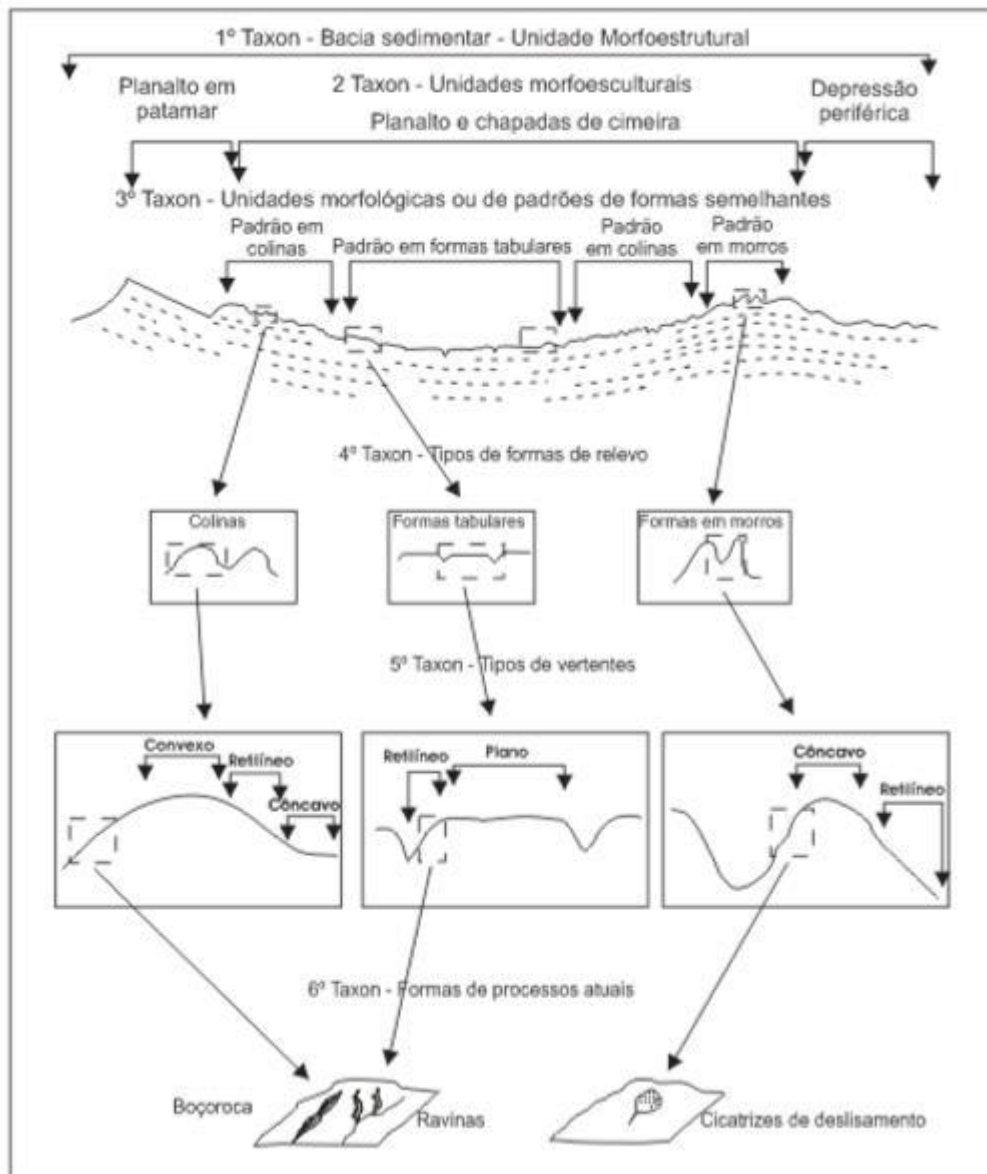


Figura 2.2: Representação esquemática das unidades taxonômicas proposta por (ROSS, 1992)

## 2.2 Bibliografia referente à base para uma futura análise da suscetibilidade

Alguns trabalhos importantes e relevantes na temática da suscetibilidade referente à possíveis produções futuras que podem ser elaboradas usando como base fundamental o mapeamento de padrões de relevo, foram analisados, dentre os variados trabalhos já apresentados. Apresentou-se válido mencionar trabalhos relevantes como os de Prandini et al. (1980), Guzzetti et al. (1999), Fernandes et al. (2001), Fell et al. (2008), Julião et al. (2009) e Sobreira e Souza (2012).

Segundo Sobreira e Souza (2012) é destacado que a carta geotécnica de suscetibilidade é aquela que reflete, em forma e grau, a variação da capacidade dos terrenos em desenvolver determinado fenômeno, segundo Fell et al. (2008) muito é dito sobre a aplicabilidade em si das cartas de suscetibilidade, portanto talvez apenas uma análise do mapeamento de relevo já é o suficiente para que medidas possam ser tomadas mediante à suscetibilidade dos movimentos de massa.

Julião et al. (2009) enfatiza que a abordagem dos processos deve considerar a relevância para o planejamento, a variabilidade espacial na escala municipal e a existência de dados. No âmbito das geociências aplicadas, a aceção do termo suscetibilidade (pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico segundo Fell et al. (2008). Aqui são citados apenas alguns, porém todos esses trabalhos contribuíram muito para a pesquisa e análise da suscetibilidade após o mapeamento de padrões de relevo estar pronto. Todos eles apesar de tratarem do mapeamento de áreas suscetíveis, colocam em nossa mente questões importantes de serem abordadas quando fazemos uma análise ampla das áreas suscetíveis ao movimento de massa e inundações, com diversas abordagens e pensamentos críticos.

O trabalho em sua discussão e conclusão leva em consideração os fatores citados por esses autores e suas metodologias. As maneiras de se classificar áreas suscetíveis possuem várias hipóteses, porém todas elas possuem pontos em comum e isso se trata do assunto mais relevante para a elaboração deste trabalho, questão que podemos encontrar em comum nessas diversas publicações e o que temos na área de estudo aqui abordada

Segundo o trabalho de Prandini *et. al* (1980), ressalta-se a utilização de cartas geotécnicas que agrupam fatores geológicos, geomorfológicos e climático-hidrológicos que trazem uma abordagem bastante concreta para a análise da suscetibilidade, porém as cartas de padrões de relevo local como abordado neste trabalho soma apenas aos fatores geomorfológicos e geológicos, portanto para uma elaboração de carta geotécnica da região ainda seriam necessárias informações climato-hidrológicas.

Encerrando-se a apresentação de trabalhos que inspiraram a elaboração e a abordagem da suscetibilidade, temos também os trabalhos de Guzzetti *et al.* (199) e Fernandes *et al.* (2001) que utilizam uma modelagem estatística para o mapeamento da suscetibilidade e de deslizamentos que trazem uma validação mais precisa do produto gerado, porém neste trabalho não foi possível a construção de modelos estatísticos, mas que gera a base de dados necessária para um elaboração de um trabalho como este no futuro.

Além destes muitos trabalhos foram verificados, porém estes foram os mais relevantes de serem citados em uma revisão bibliográfica referente a análise da suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa e inundações.

### **3 – METODOLOGIA**

#### **3.1 Métodos e procedimentos técnicos**

Neste trabalho a metodologia será dividida em algumas etapas e essas etapas serão apresentadas em ordem de execução por existir uma gama de métodos e procedimentos que são utilizados. Quando se observam trabalhos como esse relacionados ao mapeamento de relevo e/ou suscetibilidade temos grande diversidade metodológica, porém o principal motivo para isso seria a grande variação de terrenos que temos pelo Brasil e pelo mundo. Devido essa imensa variedade existem muitas dificuldades no estabelecimento de critérios e especificações para o mapeamento realizado.

De acordo com a publicação (IPT, CPRM, 2014) referente ao mapeamento de suscetibilidade, que tem como base a produção do mapa de padrões de relevo, a metodologia própria foi escolhida devido à grande quantidade de municípios a serem mapeados no território brasileiro, porém neste trabalho a metodologia foi escolhida devido à inúmeras observações da aplicação e devido a eficácia da metodológica.

Em constante contato com trabalhos semelhantes publicados anteriormente, foi verificado a praticidade e acuracidade do método, assim como o fácil entendimento dos serviços e órgãos públicos que utilizam esta metodologia e resultados para elaboração de medidas preventivas.

Resumidamente a metodologia é determinada através do esquema a seguir que proporciona uma concepção geral dos procedimentos básicos para o mapeamento do relevo e análise das áreas suscetíveis gerando assim um produto referente ao proposto.

- 1 - Escolha do município
- 2 – Estruturação da base de dados, ou base cartográfica.
- 3 – Produtos prévios para a preparação do mapa final
- 4 - Fotointerpretação dos padrões de relevo em ortofotos e de subprodutos derivados do modelo digital de elevação.

5 - Validação de campo.

6 - Elaboração de uma carta geomorfológica mapeando assim os padrões de relevo

7 - Análise e discussão dos aspectos da carta de padrões de relevo do setor assim como sua aplicação e possíveis informações extraídas da mesma.

Uma breve explicação será feita referente a cada etapa do processo, para que se possa detalhar de maneira clara o procedimento básico de elaboração das cartas.

### **3.2 Escolha do município e setorização**

Diversos municípios foram disponibilizados pela CPRM para que o estudo fosse feito em uma localidade onde ainda não houvesse uma carta pronta, 24 foram apresentados, porém pela facilidade de locomoção, estadia, um número maior de áreas suscetíveis aos movimentos de massa e também levando-se em consideração as características do seu relevo montanhoso, foi escolhido o setor NE do município de Bocaina de Minas – MG para o mapeamento.

Com este município e setor escolhidos há uma maior probabilidade de haver um bom resultado referente ao mapeamento e análise da metodologia, podendo ser averiguado através dos resultados obtidos pós estudo. Verifica-se também uma vasta compilação bibliográfica referente a área regional que foi um fator importante na questão de estudo e verificação de resultados. Este município inserido no contexto da Serra da Mantiqueira no Estado de Minas Gerais e próximo ao estado do Rio de Janeiro encontra-se na fronteira do estado de MG com o estado do RJ, próximo aos municípios de Itatiaia e Resende ambos no Rio de Janeiro.

Com um prévio conhecimento da região e em contato com autoridades locais, verificamos que há muito tempo o município luta junto a Defensoria Pública do Estado para que seja instituído no município a Defesa Civil, sendo atualmente o trabalho que deveria ser realizado pela Defesa Civil, realizado pelo Corpo de Bombeiros.

Em conversa com autoridades locais como o prefeito Wanderson Abraão Benfica, o secretário de obras da prefeitura Lúcio Otávio de Almeida e a engenheira responsável pelas obras da cidade, foi comunicado que de muito valeria a apresentação e entrega do trabalho aos gabinetes da prefeitura para que esse pedido junto às autoridades competentes fosse ratificado e fortalecido mediante a necessidade.

O município apresenta porém uma vasta extensão territorial e uma baixa densidade populacional, por isso achou-se relevante priorizar o setor NE do município pois apresenta uma maior quantidade de habitantes por km<sup>2</sup>, além de ser a região que apresenta um maior

risco, com alto índice de planícies de inundação e bordas de escarpas em distâncias relativamente próximas quando comparadas com áreas mais ao sul do município.

Em conjunto com esses fatores, temos a oportunidade de verificar o mapeamento de municípios adjacentes ao município em questão como o município de Resende – RJ e Itatiaia – RJ, esses mapeamentos podem ser usados como uma base para que o produto seja elaborado.

Esses foram, portanto os motivos apresentados para a escolha do município e setor, assim como aqueles que serão apresentados na descrição da geologia regional e local referente à Serra da Mantiqueira unidade na qual o município se encontra inserido.

### **3.3 Estruturação da base de dados**

A estruturação da base de dados também é conhecida como a preparação dos kits para a elaboração das cartas, esses kits são uma série de pastas com todos os dados vetoriais necessários para o layout final, mapas prévios para análise e mapeamento geomorfológico final. Um exemplo desses kits pode ser encontrado na figura 3.1. Nesta figura mostram-se as pastas que precisarão ser criadas para organização do trabalho, criando junto com as pastas uma planilha no Excel identificando os produtos gerados.

A própria base de dados da CPRM proporciona os produtos para os kits dos municípios. No próprio ArcGIS, abrimos o vetor “br 250”, depois o vetor “LIM\_MUNICIPIO\_A”, que se encontra dentro do geodatabase “Limites.mdb”, para exportar o limite do município para a pasta Limites do Kit. Após esse processo projetamos o vetor do município para o fuso adequado, neste caso 23S e criamos um buffer a partir do limite.

Para geração do MDE, podemos utilizar o TOPODATA, no link: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php> localizam-se as imagens TOPODATA que estejam dentro da abrangência do município ou da área de trabalho. Nas opções de download, baixar o produto “Altitude”. É importante no ARCGIS definir a projeção dos rasters baixados para “GCS\_WGS\_1984” e em seguida fazer um mosaico de todos os rasters com a ferramenta: < Ferramentas de Gerenciamento de Dados < Raster < Conjunto de Dados Raster < Mosaico, concluindo essa etapa é necessário projetar para SIRGAS2000 – FUSO UTM: < Ferramentas de Gerenciamento de Dados < Projeções e Transformações < Raster < Projetar Raster.





Figura 3.1: Exemplo de kits de trabalho para a organização da estrutura da base de dados

A partir de agora serão gerados os produtos da pasta Imagens. Há duas formas de fazê-los ou processando um a um, ou usando o Model Builder, como neste caso faremos apenas o kit do município de Bocaina de Minas, não precisaremos preparar através do Model Builder que é utilizado quando vários municípios são enviados ao mesmo tempo para a produção operacional de diversas cartas.

O MDE e o buffer do município precisam estar no mesmo sistema de coordenadas que no caso será (SIRGAS2000) e na projeção (UTM) para o recorte do raster. O caminho será

Ferramentas do Spatial Analyst < Extração < Extrair por Máscara, após isso o produto será arquivado na pasta Imagens<MDE.

Em seguida para gerar as curvas de nível, este seria o caminho: Ferramentas do 3D Analyst < Superfície de Raster < Curva de Nível e armazenaria na pasta Curvas de Nível. Após temos a geração da declividade através do caminho: Ferramentas do 3D Analyst < Superfície de Raster < Declividade, a declividade é importante estar atento a classificação dos intervalos gerados e salvar na pasta correta. Em seguida a geração do relevo sombreado, Ferramentas do 3D Analyst < Superfície de Raster < Relevo Sombreado e para finalizar temos a hipsometria que será o mesmo raster do MDE, porém com diferente classificação.

Finalizando a preparação dos kits os últimos passos são relacionados aos mosaicos de ortofotos, eles podem ser adquiridos da maneira que for mais conveniente para agilizar o processo, porém sua qualidade pode influenciar muito na elaboração do produto final. A preparação do ortofotomosaico é feita em um software chamado Global Mapper, nele a geração é mais rápida, porém é preciso exportar a imagem como um raster para que possa ser lido no programa ARCGIS 10.4 onde será feita a modelagem.

Tanto o mosaico de ortofotos quanto os mosaicos de MDE se tornam importante nesta etapa, porém só é de fato necessário quando não é possível obter imagens inteiras da área que fará parte do projeto, no município de Bocaina de Minas não se provou necessário devido as imagens e o MDE obtidos.

### **3.4 Produtos prévios para preparação do mapa final**

Para a elaboração do mapeamento de padrões de relevo foi gerada uma tabela Excel<sup>©</sup> que que auxiliou no mapeamento. Sabendo que a tabela fornece o dado referente à variação altimétrica e a declividade, é importante lembrar que o valor altimétrico varia entre 747m e 2764 m que são os valores encontrados dentro do município em mapeamento. A tabela foi dividida em domínios, como os apresentados na biblioteca, apresentada dentro da metodologia (Tabela 3.1), na qual temos todos os valores importantes e relativos à produção do mapeamento final.

A partir dos produtos já gerados e apresentados na figura 3.2, extraída do ARCGIS 10.4, o programa que foi utilizado para a geração do mapa e resultados de mapeamento, sobrepomos os produtos de declividade e hipsometria, assim como a imagem de satélite recortada do município, com isso temos um importante embasamento para a elaboração prévia dos mapas. Apesar das declividades e altimetrias serem importantes por definição para o

mapeamento, o trabalho mais relevante será a identificação, através das imagens de satélite, dos principais padrões de relevo, assim como a verificação em campo do trabalho realizado em escritório.

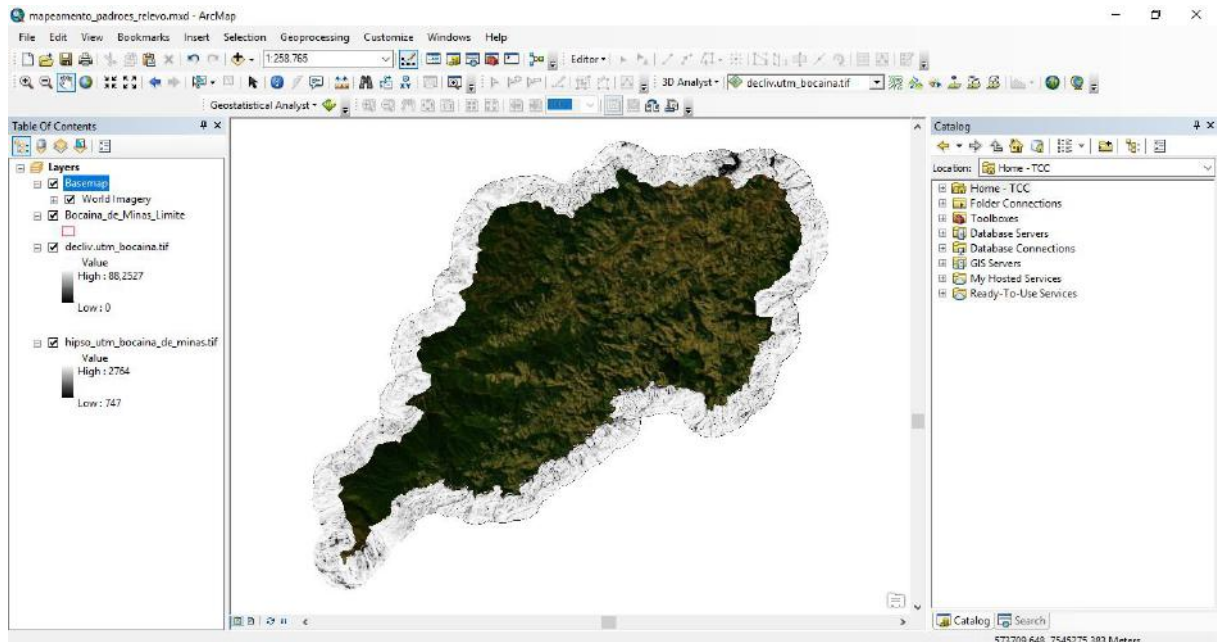


figura 3.2: Produtos utilizados para o mapeamento de escritório, através do software ARCGIS 10.4.

Em trabalhos como as cartas de padrões de relevo elaboradas pela CPRM temos subprodutos como a declividade e a hipsometria sendo feitos previamente. Neste trabalho se verificou também a necessidade de uma construção cartográfica destes produtos. As figuras 3.3 e 3.4 mostram, respectivamente o mapeamento de declividades do setor NE do município de Bocaina de Minas – MG e, em seguida, o mapeamento hipsométrico. As legendas foram determinadas pelo autor utilizando parâmetros associados à tabela 3.1 já mencionada previamente neste mesmo capítulo.

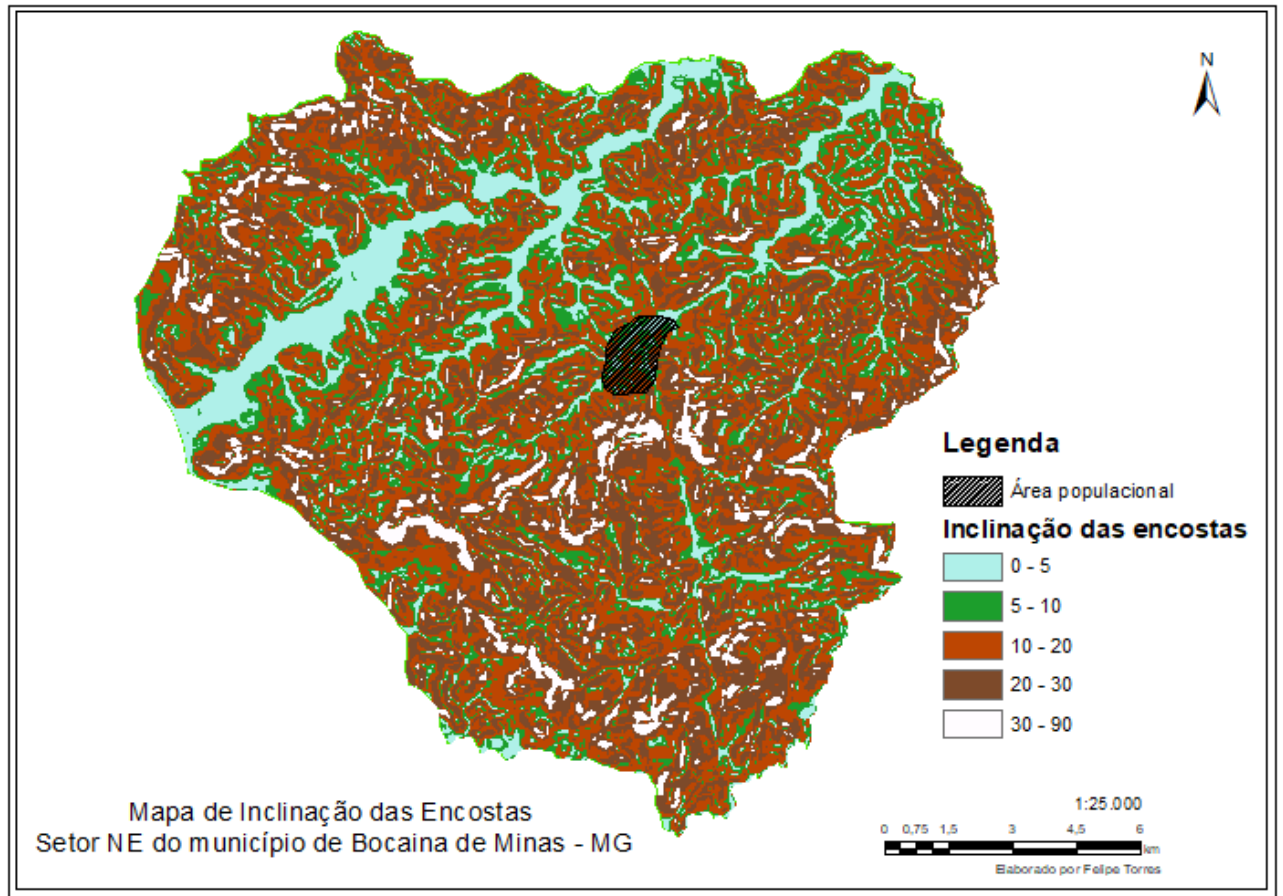


Figura 3.3: mapa de inclinação de encostas do setor NE do município de Bocaina de Minas (Elaborado por Felipe Torres)

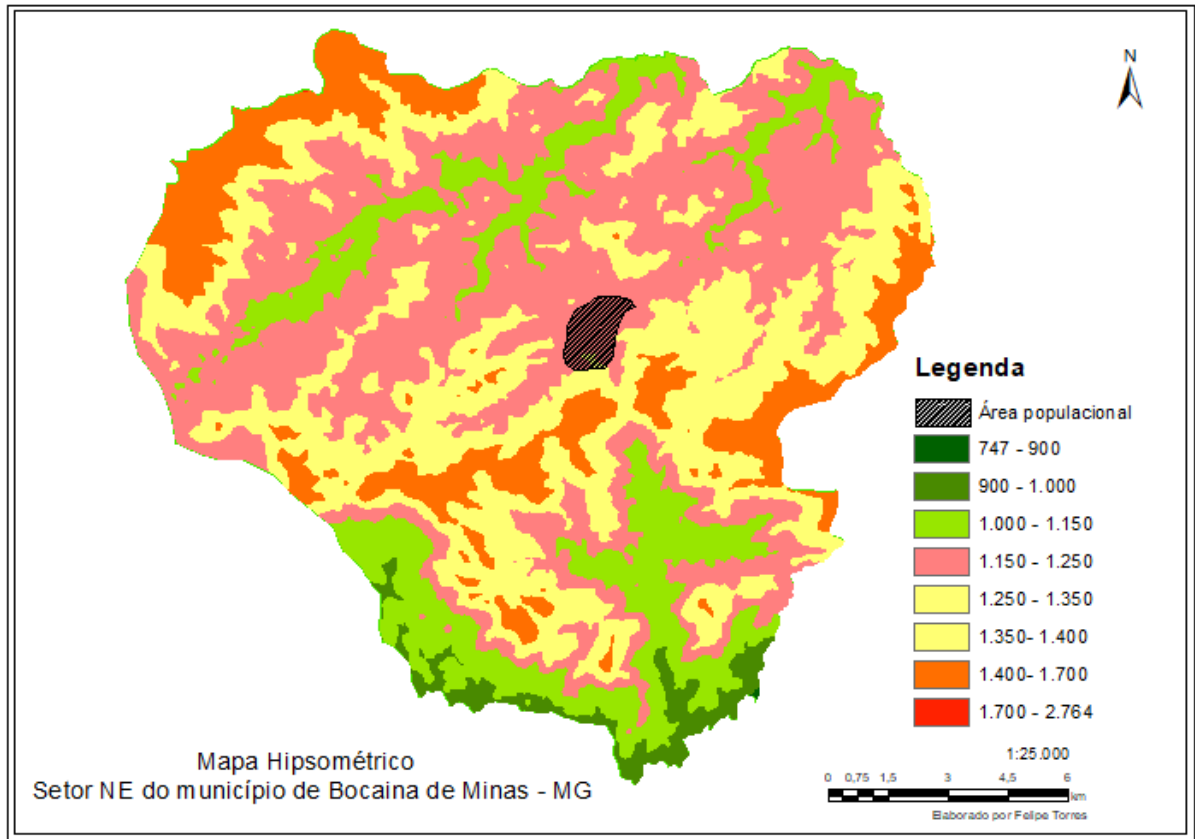


Figura 3.4: mapa hipsométrico do setor NE do município de Bocaina de Minas (Elaborado por Felipe Torres)

Para um melhor mapeamento e abrangência de informações, uma fotointerpretação prévia da área foi feita para levantar três fatores relevantes para o trabalho, sendo eles as feições erosivas, também conhecidas como cicatrizes, as cristas rochosas, que podem determinar uma maior área fonte de possíveis materiais que podem se tornar inconsolidados, podendo ocasionar rupturas e quedas de bolcos e os paredões rochosos. Essas características são todas associadas aos processos de movimentos de massa. A atividade é toda feita através de interpretação visual direta de mosaicos georreferenciados e de ortofotos de alta resolução.

Para tal trabalho é utilizado o software ARCGIS 10.4 e Google Earth, que auxilia na visualização 3D da área de estudo. É importante a utilização dos dois recursos em conjunto, pois ambos se complementam na identificação e reconhecimento das feições. Posteriormente, as feições podem ser verificadas em campo, portanto, é elaborado um mapa prévio antes da verificação, para que a mudança possa ser feita de maneira adequada, ou seja, para que a integração aconteça.

A verificação é feita em diversas escalas, partindo-se de uma valiação em 1:150.000 e 1:100.000, até uma escala de maior detalhe como 1:25.000, onde podem ser observadas imagens que podem tirar dúvidas e esclarecer detalhes. Após, trabalhamos com a escala de 1:25.000 para identificação de compartimentos geomorfológicos para que após possamos de fato identificar os padrões de relevo, dentro desses compartimentos.

Identificando os compartimentos podemos já começar a analisar e identificar onde há possibilidades de haver frentes de escorregamento, alinhamentos de cristas que podem gerar deslizamentos, grandes planícies de inundação com rios altamente controlados que podem ocasionar inundações e enchentes. Com essa identificação prévia já é possível haver uma análise preliminar com relação a suscetibilidade e probabilidade de ocorrência de desastres naturais.

Para concluirmos o trabalho de mapeamento de relevo, em virtude da representatividade da escala de referência adotada o zoom máximo é limitado a 1:12.500, apenas para uma identificação mais precisa, porém o trabalho final foi elaborado em 1:25.000. As principais feições, prévias ao mapeamento de relevo são as cicatrizes de deslizamentos e/ou erosões recentes, paredões/lajedos/costões rochosos e alinhamento de cristas alguns deles identificados na figura a seguir a figura 3.5, nela temos um esboço e alguns exemplos das feições identificadas primariamente no setor SW do município e alguns identificados no setor NE onde será realizado o mapeamento final. Isto apenas para ilustrar a identificação prévia que pode ser feita para avaliar futuramente os riscos de deslizamentos e inundações que podem ocorrer em regiões como essa.

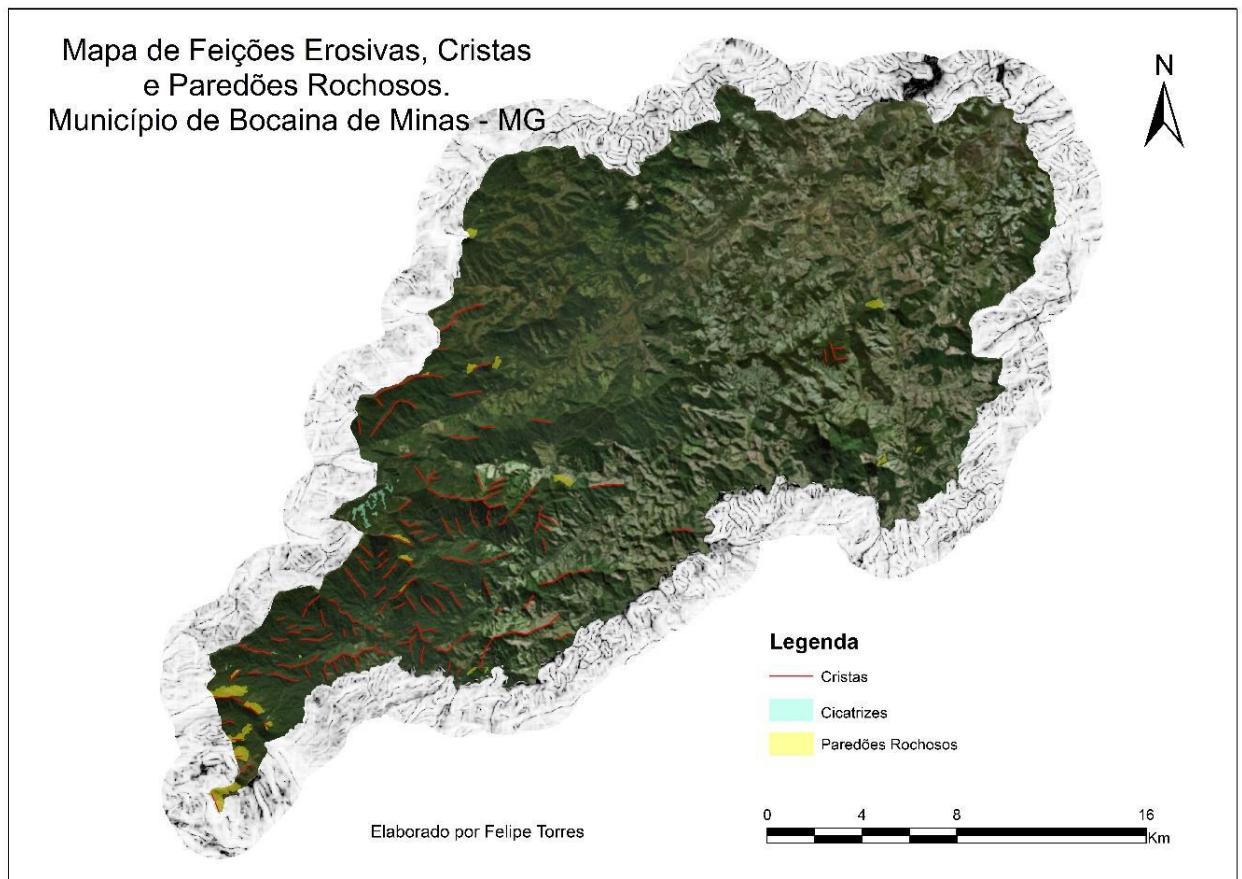


Figura 3.5: Mapa com algumas identificações prévias das feições erosivas dos dois setores principais do município o SW e NE. Um mapa exemplo para a construção do mapa de relevo da região. Com uma maior exemplificação apresentada no setor SW.

Na fase de integração de dados essas informações são utilizadas como elementos auxiliares definindo e validando uma possível futura análise de suscetibilidade. As cicatrizes de deslizamento são mostradas considerando os seguintes critérios básicos: ausência de vegetação, exposição do solo, dimensão e posição da encosta. Importante salientar que não há influência antrópica como em taludes e edificações que modificam a suscetibilidade natural do terreno.

Os paredões rochosos são também identificados na forma de polígonos assim como as cicatrizes, podendo apresentar características diferenciadas como topos pontiagudos, ou arredondados e algumas vezes podem ser encontrados em áreas com um relevo residual dissecado. Em termos de nomenclatura, as regiões com paredões rochosos planos e estruturados eles são chamados de lajedos e em zonas de litoral chamados de costões rochosos.



As cristas são importantes indicadores, não de processos recentes, mas de possíveis processos futuros de deslizamentos, através do alinhamento de encostas podemos entender melhor o processo de deslizamento que nos indica que quanto mais agudo o ângulo entre elas maior atuante os processos e quanto mais arredondadas menos atuantes ou inativos.

Apesar do mapeamento ser de todo município o maior detalhe e relevância para o estudo específico se encontra no setor NE onde o mapeamento de relevos e análise de suscetibilidade irá ocorrer, porém é importante se ter uma região com as feições erosivas mapeadas para que possa haver uma comparação posterior.

### **3.5 Fotointerpretação dos padrões de relevo**

Nesta etapa é muito importante um olhar preparado para a foto interpretação dos padrões de relevo. Para esta análise utilizaremos uma biblioteca de padrões de relevo, elaborada pelo geomorfólogo Marcelo Dantas da CPRM, nesta biblioteca encontramos os diversos tipos de padrões que podem ser observados em nosso país, ou em diversos locais do mundo. Segundo a figura a seguir, temos um exemplo de uma unidade encontrada na biblioteca, as planícies de inundação (Várzeas).

Na descrição temos as principais características da unidade, ou seja, uma breve explicação sobre o que podemos encontrar e que tipo de morfologia ela apresenta, assim como dois fatores muito importantes para a classificação que são a amplitude do relevo e a inclinação das vertentes. Muito importante ressaltar que para essa classificação o mapeamento hipsométrico, assim como o de declividade são cruciais para a interpretação do dado padrão de relevo. Porém é de suma importância as ortofotos para que junto a essas informações possamos constatar a seguinte interpretação.



## I – DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS

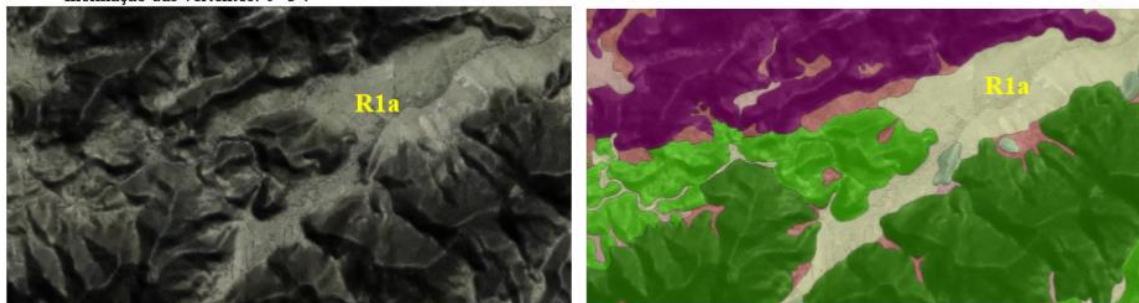
### Planícies de Inundação (*Várzeas*) (R1a)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos fundos de vales. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis; bem drenados nos terraços. Os abaciamentos em áreas planas e as Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia e no Pantanal, também estão representadas nesta unidade.

Amplitude de relevo: zero.

Inclinação das vertentes: 0°-3°.



R1a – Extensa planície de inundação do rio do Imbé (assinalada em cor amarelo claro) que se espalha em meio a um relevo acidentado de escarpas serranas e alinhamentos serranos escalonados em posição de contrafortes da escarpa da serra do Desengano. O abrupto alargamento da planície aluvionar que percorre uma inusitada trajetória paralela ao front escarpado sugere um controle neotectônico (geração de gráben ou hemigráben) na evolução dessa bacia de drenagem, diretamente associada ao próprio soerguimento da serra do Mar.

Em termos gerais, este padrão de relevo representa zonas de alta a muito alta suscetibilidade a eventos de inundação.

Médio vale do rio do Imbé (município de Santa Maria Madalena – escala original 1:20.000).

Figura 3.6: Exemplo extraído da biblioteca de padrões de relevo da CPRM, da unidade planícies de inundação, esse seria, portanto, o critério utilizado para a foto interpretação.

A biblioteca é dividida em domínios, essa informação é bastante relevante para que uma sistematização do mapeamento aconteça. Não existe dentro da metodologia algo que exija que o produto seja elaborado da seguinte maneira, mas foi feito para que houvesse uma melhor organização no momento da foto interpretação.

Começou-se o mapeamento pelo domínio I que são os domínios das Unidades Agradacionais, ou seja, zonas predominantemente acumulativas, onde grande parte dos sedimentos são acumulados. Estas áreas se encontram em expansão constante caso não haja energia suficiente para remoção do material. Exemplo de padrões referentes à este domínio são: Planícies de Inundação, Terraços Fluviais, Terraços Lagunares, Terraços Marinhos, Baixadas Alúvio-Coluvionares, Rampas de Alúvio-Colúvio, Rampas de Colúvio/Depósitos de Tálus, Leques Aluviais, Planícies Fluviomarinhas (mangues), Planícies Fluviomarinhas (brejos), Planícies Fluviolacustres (brejos), Planícies Fluviodeltaicas (brejos), Planícies Lagunares (brejos), Planícies Marinhas (restingas), Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis), Recifes, Depósitos Tecnogênicos (aterros sobre corpos d'água), Depósitos Tecnogênicos (aterros sanitários), Formações Tecnogênicas (terrenos alterados pela atividade de mineração), Formações Tecnogênicas (esplanadas de desmonte de morros).

Na biblioteca entre as unidades denudacionais em rochas sedimentares, apenas por critérios de classificação temos duas diferentes, a referente à rochas pouco litificadas e às que

consideramos apenas litificadas. O domínio II é composto de unidades denudacionais em rochas sedimentares pouco litificadas, ou seja, refere-se a um ambiente onde a taxa de aporte é menor do que a taxa de erosão, porém neste domínio, diferente do domínio anterior onde a taxa de aporte era maior que a taxa de erosão, a taxa de erosão é mais acentuada que as unidades denudacionais em rochas muito litificadas, como por exemplo granitos e gnaisses mais bem consolidados e com uma porosidade bastante baixa. Como exemplo de padrões referentes ao domínio II temos: Tabuleiros e Tabuleiros Dissecados. E os padrões referentes ao domínio III observamos: Baixos Platôs, Baixos Platôs Dissecados, Planaltos e Chapadas e Platôs.

As unidades do domínio IV, são unidades chamadas de relevos de aplainamento, ou seja, característica predominante dessas unidades seria o equilíbrio entre as taxas de aporte sedimentar e erosão, quando essas unidades apresentam um balanço constante as unidades de aplainamento são geradas, sendo elas: Superfícies Aplainadas Conservadas, Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas, Lajes, Lajedões e Plataformas de Abrasão e Inselbergs e Outros Relevos Residuais.

O domínio V possui uma característica muito importante no mapeamento do município escolhido que são as unidades denudacionais em rochas cristalinas, classificadas como: Colinas, Morros Baixos, Morrotes, Morros Altos, Cristas isoladas e serras baixas, Domínio Serrano, Domínio Alto Serrano, Escarpas de borda de planalto, Escarpas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Vales Encaixados, Altos Platôs, Ilhas Costeiras. Encerrando a biblioteca com o domínio VI, pouco encontrado, que são as formas de dissolução em rochas carbonáticas: Feições Cársticas (dolina, uvalas, poliés, sumidouros).

Estes são, portanto, as feições que poderão ser encontradas em mapeamentos de relevo por todo o nosso país segundo a biblioteca apresentada, seguramente apenas algumas serão classificadas no município em mapeamento, porém importante ressaltar a presença e importância de todas elas. Para uma melhor classificação uma tabela foi elaborada para avaliação de dois critérios, altimetria e declividade, que é a tabela 3.1 apresentada a seguir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Dominio I</b>	altimetria	decliv	<b>Dominio II</b>	altimetria	decliv	<b>Dominio V</b>	altimetria	decliv
2	planície de inundação	0 m	0 a 3º	tabuleiros	20 a 50 m	0 a 3	colinas	20 a 50 m	3 a 10º
3	terraços fluviais	2 a 20 m	0 a 3º	tabuleiros dissecados	20 a 50 m	0 a 3	morros baixos	50 a 120 m	5 a 20º
4	terraços lagunares	2 a 20 m	0 a 3º				morrotes	40 a 100 m	10 a 30º
5	terraços marinhos	2 a 20 m	0 a 5º	<b>Dominio III</b>	altimetria	decliv	morros altos	80 a 250 m	10 a 35º
6	baixadas aluvio-coluvionares	2 a 5 m	0 a 3º	baixos platos	0 a 20 m	2 a 5	cristas isoladas	100 a 300 m	20 a 90º
7	rampas aluvio-coluvio	variav.	5 a 10º	baixos platos dissecados	20 a 50 m	10 a 25	dominio serrano	min 300 m	20 a 90º
8	deposito de talus	variav.	10 a 25º	planaltos	20 a 50 m	2 a 5	dominio alto serrano	min 700 m	30 a 90º
9	leques aluviais	2 a 10 m	0 a 3º	chapadas e platos	0 a 20 m	plano	escarpas de borda de planalto	min 300 m	30 a 90º
10	planícies fluviolagunares	0 m	0º				escarpas degradadas	50 a 200 m	10 a 25º
11	planícies fluviomarinhas	0 m	0º	<b>Dominio IV</b>	altimetria	decliv	vales encaixados	min 100 m	20 a 90º
12	planícies fluviolacustres	0 m	0º	superfícies aplainadas	0 a 10 m	0 a 5	altos platos	20 a 50 m	3 a 90º
13	planícies fluviodeltaicas	0 m	0º	superfícies aplainadas degradadas	10 a 30 m	0 a 5	ilhas costeiras	variav.	variav.
14	planícies lagunares	0 m	0º	lajes, lajedoes	0 a 10 m	0 a 10			
15	planícies marinhas	2 a 20 m	0 a 5º	Inselbergs, picos isolados	50 a 500 m	25 a 90	<b>Dominio VI</b>	altimetria	decliv
16	campos de dunas	2 a 20 m	3 a 30º				feições carsticas	variav.	variav.
17	recifes	0 m	0º						
18	depositos tecnogenicos	0 m	0º						
19	formações tecnogenicas	variav.	variav.						
20									

Tabela 3.1: Valores referentes aos domínios e padrões de relevo mapeados, com medidas de altimetria e declividade, gerado através dos valores da biblioteca de padrões de relevo da CPRM

### **3.6 Validação de Campo**

Esta etapa da metodologia, é uma das mais importantes, pois será nela que o produto deverá ser, portanto, validado e conferido, nela que erros serão corrigidos e acertos poderão ser feitos após os trabalhos extensos no escritório. Todo o processo de estudo bibliográfico, e confecção do mapa prévio de padrões de relevo, assim como a demarcação de possíveis áreas suscetíveis será feito através da base de dados obtida e trabalhada. Após um longo processo de estudo e trabalho, o campo será crucial para primeiramente, validar todo o trabalho feito, assim como a preparação prévia do mapeamento final e as classificações de padrões, averiguando não apenas declividade e altimetria, assim como se as características dos padrões de relevo observadas nas ortofotos estão condizentes com o que está apresentado atualmente.

Fazendo, portanto, essa verificação os padrões poderão ser validados, é importante que se vá ao campo com um planejamento prévio, os pontos de dúvida precisam ser demarcados assim como o trajeto realizado que precisa também ser conhecido para que a validação possa ser feita durante todo o campo, aproveitando portanto o máximo possível o tempo disponível para tal atividade. A validação de campo sendo realizada em um curto espaço de tempo, pode assim tirar dúvidas que existiram durante a confecção do mapa em escritório e registro fotográfico das feições encontradas na região do mapeamento.

A validação de campo pode ser dividida em 3 etapas básicas para um bom aproveitamento, primeira etapa é preparação para o campo, também conhecido como o pré-campo.

### **3.7 Pré-campo**

O pré-campo é bastante trabalhoso porque exige não apenas estudo, mas também organização e planejamento, envolve mais que apenas geologia e geomorfologia, mas também a questão operacional, visando proporcionar o maior proveito possível para que o menor custo seja gerado e maior aproveitamento de tempo. O primeiro passo para a elaboração deste trabalho foi o contato com a prefeitura e órgãos do governo, procurando informações de registros e mapas já previamente elaborados com qualquer informação que seja válida para o produto em realização. Nesta etapa foi feito um contato com prefeito, secretário de obras da prefeitura e a engenheira qualificada da prefeitura, foi assim explanado o plano de elaboração do produto e exposta a importância e necessidade do produto para o órgão municipal.

A priori um contato telefônico para primeiras informações sobre os trabalhos e obtenção de dados necessários (responsável pela unidade, telefone, e-mail, endereço) visando encaminhamento posterior da documentação pertinente (carta, via e-mail), ressaltando-se a importância da participação das áreas de planejamento da prefeitura de extrema importância para o trabalho. Nesse contato, indicou-se a importância da obtenção de dados e outras informações específicas, como: registros de ocorrências de movimentos gravitacionais de massa e eventos destrutivos de natureza hidrológica, conforme acervo existente e outros materiais pertinentes.

A maior parte dos contatos prévios foi organizada com as equipes municipais de Defesa Civil, que geralmente dispõem de estrutura básica para o acompanhamento de campo, mas em muitos casos a defesa Civil não se encontra instituída no município, como o caso do município estudado e é assim necessário que o trabalho seja realizado ou com um responsável ou com alguém da parte técnica do município acompanhando os resultados para a validação do produto gerado.

Para isso um roteiro precisa ser definido com os pontos e percursos a serem traçados e visitados os prazos previstos para campo estão entre 1 a 2 dias, quando o trabalho prévio é bem executado. Por esses e outros motivos a preparação da atividade que antecipa o campo se torna tão importante quanto o próprio campo em si.

### **3.8 Verificação de campo**

Como apresentado nos estudos de Fell et al. (2008) e Julião et al. (2009), tem-se que a validação dos resultados de zoneamentos de suscetibilidades construídos em laboratório de geoprocessamento, sendo neste laboratório utilizado o software ARCGIS para facilitar o trabalho e assim partir para a verificação de fato em campo, é necessária já que existe um erro que se encontra iminente na foto interpretação pois não há uma observação concreta local, mas sim uma observação apenas foto aérea da região, suscetível a falhas.

As feições fotointerpretadas precisam estar de fácil acesso no campo, por isso a utilização dos mapas em meio eletrônico à mão no campo é de suma importância para que haja uma agilidade na verificação dos pontos. Um veículo também é um item de extrema importância, o setor estudado possui área de considerável tamanho e precisa ser percorrido de maneira rápida, de fato que aqueles que possuem acessos menos conturbados podem ser percorridos de maneira mais ágil, porém muitos não possuem e é necessário um tempo maior e um melhor planejamento.

Para uma correta validação em campo é muito importante haver um estudo e um conhecimento detalhado de como são as feições e quais são as especificidades de cada classificação registrada na biblioteca de padrões de relevo. Apesar das ortofotos terem um alto grau de fidelidade, é necessária uma constatação de campo, essa constatação é muito importante pois pode nos dar informações de registros prévios que podem ser observados em campo, por exemplo marcas de inundações prévias encontradas em casa e edifícios, assim como depósitos de tálus que podem indicar antigas quedas de blocos ocorridas no local. Tudo isso acrescenta para a pesquisa e para a validação do resultado da pesquisa.

No próprio campo os ajustes necessários podem ser feitos, caso haja acesso à ferramenta utilizada para a confecção do mapa e análises, importante essa produção diária todos os dias de campo para que o produto seja finalizado o quanto antes e a correção seja mais fidedigna possível para que não ocorra nenhum esquecimento quanto a verificação realizada.

Com os resultados de classificação e zoneamento relativos aos processos analisados, incluindo-se a análise dos demais elementos compilados e as feições extraídas por meio de fotointerpretação, verificados e validados nos trabalhos de campo e por trabalhos locais de outros autores, compõem-se a carta síntese final e a base de dados correspondente. Com a carta preliminar privilegia-se também a inserção de dados e informações que possam ser extraídos em meio a atividades de planejamento e gestão territorial e de prevenção de desastres naturais.

### **3.9 Pós-Campo**

Após toda a fotointerpretação feita, assim como as classificações e validações feitas em campo, é necessário que haja uma elaboração de uma carta sintetizada com os produtos verificados. Tais cartas apresentam um relevante valor intrínseco, podendo ser utilizadas para diversas finalidades e pelos mais diferenciados atores sociais, destacando-se universidades, centros de pesquisa e órgãos de gestão e planejamento em todas as esferas governamentais, especialmente em âmbito municipal caso haja a ampla divulgação do material produzido. Em especial na aplicação de uma análise prévia de movimentos de massa e inundações que pode ser levada aos órgãos competentes das diversas prefeituras e utilizado no planejamento urbano e estrutural.

Este mapeamento será feito utilizando a feição de layout do Software ARCGIS 10.4 e assim toda a parte de edição do conteúdo será feita utilizando a mesma ferramenta para que um padrão seja utilizado na elaboração da carta.

### **3.10 Análise das feições e dos padrões de relevo encontrados**

Após tudo elaborado com relação ao relevo e as feições apresentadas no município, uma análise de certas áreas específicas e seus padrões de relevo apresentados poderá ser feita. Em relação a uma possível análise futura da suscetibilidade à movimentos de massa e inundações, grande parte dos mapeamentos encontrados na literatura classificam-nas em alta, média e baixa, porém existem diversos outros tipos de classificação dessas áreas suscetíveis, como através de numerações e descrição dos processos, sendo ele encontrados na figura 3.3.

A alta classificação apresenta uma alta probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, a média e baixa acompanham o mesmo raciocínio. Nesta etapa as suscetibilidades incidentes estarão relacionadas a certos processos que serão explicados e exemplificados na análise, como por exemplo, um padrão de alta declividade com cristas acentuadas, elevada altimetria, registros de depósitos de tálus indicam de acordo com a análise uma alta suscetibilidade a movimentos de massa.

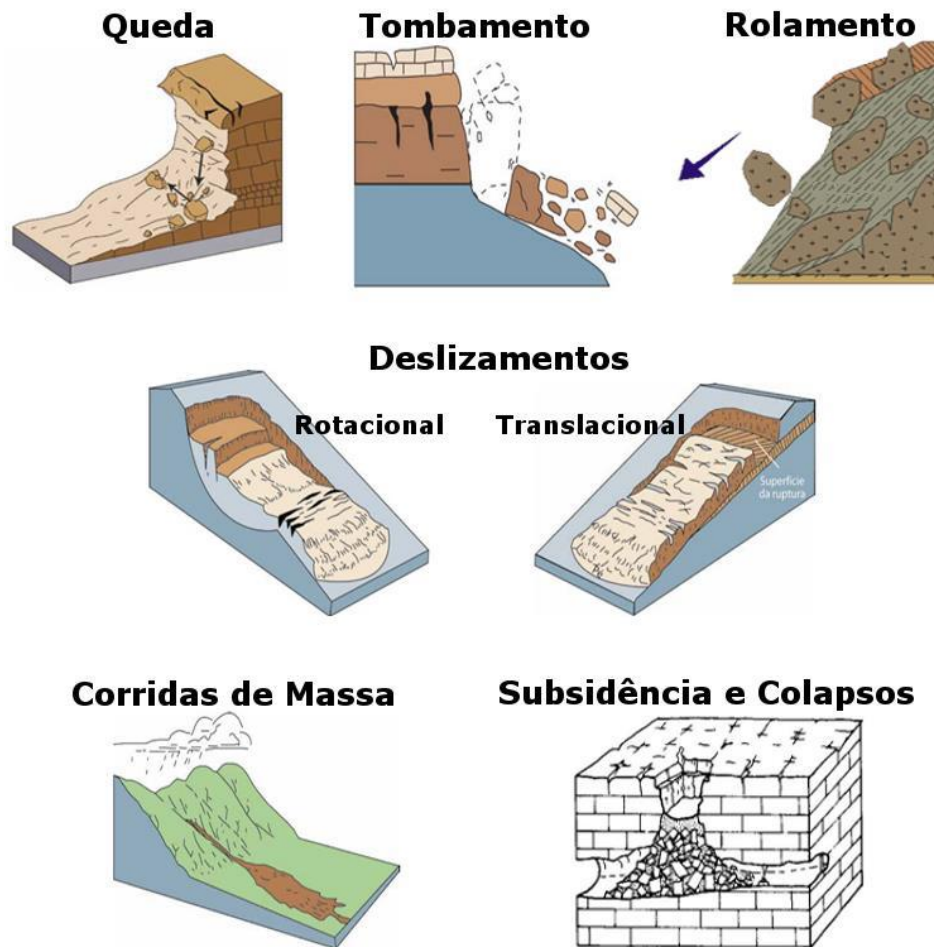


Figura 3.7: Exemplos de movimentos de massa e suas distintas classificações, (CEMADEN, 2019)

Todos os indicadores nos fornecem uma estimativa da magnitude das possíveis incidências previstas na análise do mapeamento, isso pode ser feito em relação às residências que possivelmente podem ser atingidas pelos movimentos de massa e inundações. Quanto mais sucinta a análise e clara a explicação melhor para os órgãos competentes que estarão com o trabalho em mãos para um planejamento e tomada rápida de decisões em casos urgentes e até mesmo medidas a longo prazo.

A análise é feita a partir dos indicadores já mencionados e os shapes e polígonos elaborados no mapeamento de padrões de relevo servirão de base para demarcar as áreas suscetíveis tanto a movimentos gravitacionais de massa, quanto a inundações. De maneira bastante abrangente os movimentos de massa podem ser identificados em áreas de maior declividade e as áreas de inundação são identificadas em áreas de planície.



## **4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Município de Bocaina de Minas**

Bocaina de Minas é uma cidade situada em meio às matas e às montanhas verdes da Serra da Mantiqueira, segundo site da prefeitura municipal do município a cidade é um refúgio para amantes da natureza com um excelente clima, por volta dos 20° C, porém no inverno as temperaturas caem bastante formando inclusive geadas na região.

Com relação a história do município se sabe que em 1892, três anos após a Proclamação da República, foi criada a paróquia de Nossa Senhora do Rosário, denominação esta que já constava no livro de batizados da região, nada mais se sabe de sua evolução até 1938, quando foi criado o distrito de Bocaina constituindo com o de Passa Vinte, o município de Liberdade, conforme disposto no Decreto-lei Estadual nº 148. Porém em 1943, com a criação do distrito de Mirantão, instituído como parte do território do então distrito de Bocaina, passou a chamar-se Arimatéia, até 1953 quando, pela Lei nº 1.039, de 12-XII-1953, foi criado o município de Bocaina de Minas.

Bocaina de Minas é um município do estado de Minas Gerais, ele se encontra na microrregião de Andrelândia suas coordenadas geográficas de acordo com os dados municipais são: Latitude :-22.1656, Longitude: -44.3934, 22° 9' 56" Sul, 44° 23' 36" Oeste. De acordo com o censo realizado pelo IBGE em 2010, a população é de 5.007 habitantes, porém segundo informações da própria prefeitura este número já aumentou significativamente e em 2020 quando será realizado o próximo censo na região poderemos ter um panorama mais realista. A área é de 502,7 km<sup>2</sup>, a altitude, de 1.210 metros em média, porém na própria região do município podemos ver o Pico das Agulhas Negras que é o ponto mais alto do Estado do Rio de Janeiro, com 2790,94 m, que é vizinho ao município estudado.



Figura 4.1: Localização do município de Bocaina de Minas em relação ao Brasil, localizado no estado de Minas Gerais, fronteira com o estado do Rio de Janeiro, localizado na região Sudeste do país.

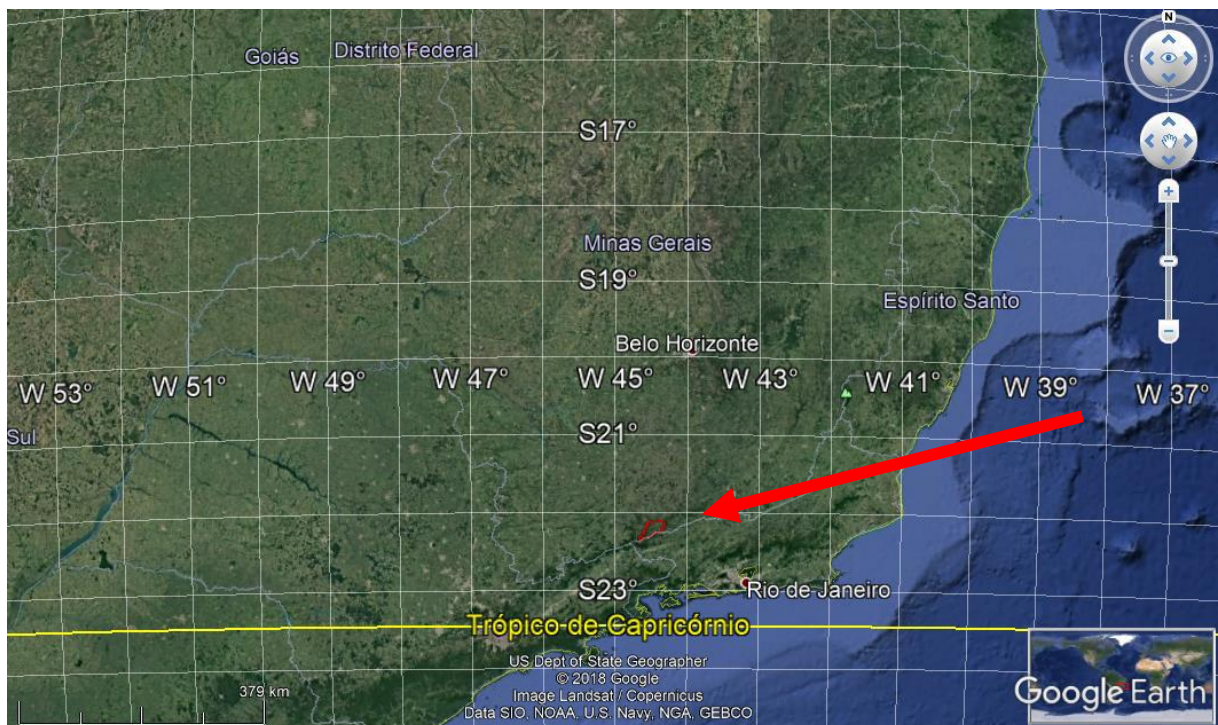


Figura 4.2: Localização do município de Bocaina de Minas em relação à região Sudeste do Brasil.



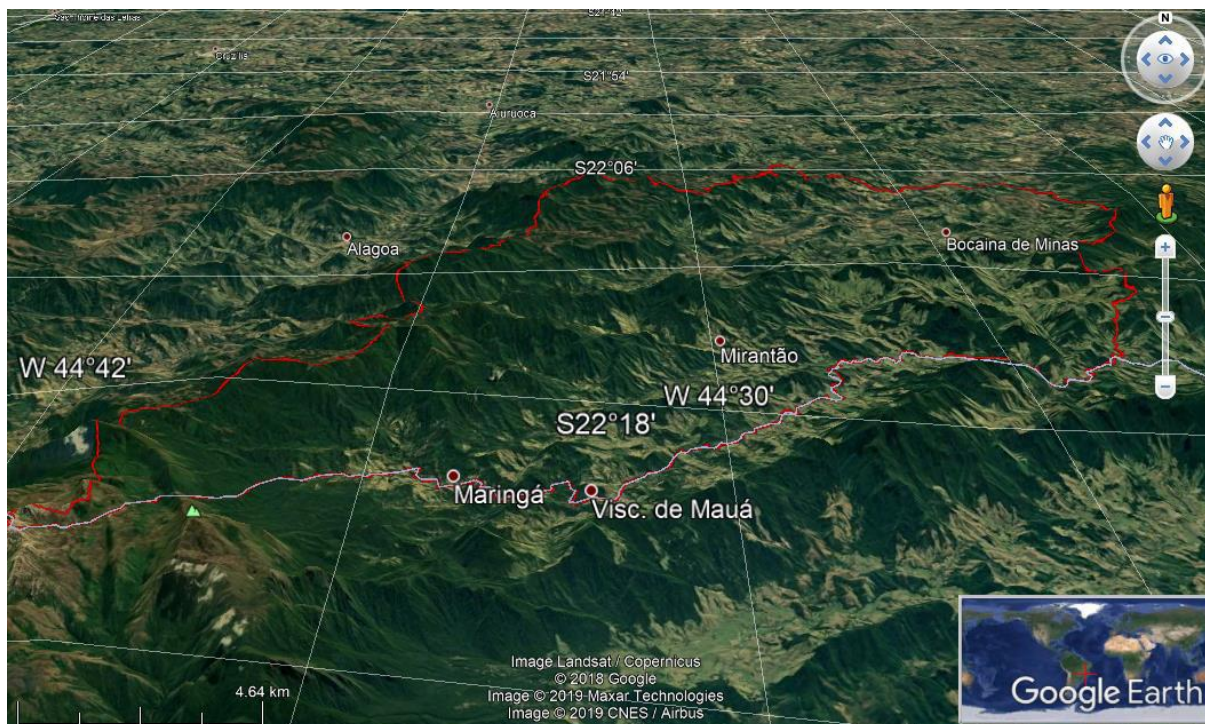


Figura 4.3: Município de Bocaina de Minas, com uma percepção mais ampliada do relevo da região em que ocorrerá o mapeamento.

No município temos o parque nacional do Itatiaia, este pelo que se sabe foi o primeiro Parque Nacional do Brasil, criado em junho de 1937. Se encontra situado na Serra da Mantiqueira, e além deste abrange os municípios de Itatiaia e Resende no Estado do Rio de Janeiro, além de Itamonte que também se encontra no Estado de Minas Gerais, onde ficam aproximadamente 60% de seu território. Localiza-se entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, próximo à Rodovia Presidente Dutra, sua proximidade à via faz com que ele receba um grande fluxo de turistas.

Apresenta um relevo caracterizado por montanhas e elevações rochosas, com altitude variando de 600 a 2.791 m. Na região conhecida como Parte Alta, encontram-se os campos de altitude e os vales suspensos onde nascem vários rios. A área do Parque abrange nascentes de 12 importantes bacias hidrográficas regionais, que drenam para duas bacias principais: a do rio Grande, afluente do rio Paraná, e a do rio Paraíba do Sul, o mais importante do Rio de Janeiro. Por esses motivos o parque e o município em estudo apresentam uma importância muito grande para a microrregião em que se encontra e toda a região no entorno, assim como as grandes cidades próximas. A parte baixa caracteriza-se principalmente por sua vegetação exuberante e generosos cursos d'água.

O turismo é uma das atividades econômicas mais importantes da região. Nas imediações do município encontram-se várias cachoeiras, como a de Santa Clara, Toca da Raposa, Parque ecológico Cachoeiras do Santuário, Alcantilado, Paiol, Rio Grande e outras, locais de atração turística com serviços de bar e restaurante, podendo o visitante adquirir peças do artesanato local. Na parte sudoeste do município temos o parque nacional de Itatiaia, assim como a divisa com o vilarejo de Maringá no município de Itatiaia que se encontra no estado do Rio de Janeiro, próximo também ao vilarejo de Visconde de Mauá. Nesta região temos uma grande quantidade de turistas visitando periodicamente o município, sendo assim uma das maiores fontes de recursos da região. A seguir algumas figuras que ilustram um pouco mais dessa atividade econômica da região.



Figura 4.4: Centro comercial do vilarejo de Maringá. (fonte: amoviscondedemaua.com.br)



Figura 4.5: Ponte sobre o Rio Preto que separa o município de Itatiaia no Rio de Janeiro e o município de Bocaina de Minas em Minas Gerais. (fonte: tripadvisor.com.br)





Figura 4.6: Cachoeira do Escorrega de Maromba, localizada no Rio Preto, rio que divide os dois municípios e estados. (fonte: viscondedemaua.com.br)

Sendo de fato a atividade mais explorada da região, o turismo movimentava milhares de turistas por ano nos vilarejos onde as acomodações são oferecidas, movimentando também renda para os moradores da região, por ser um local de custo moderado a alto e com movimentação em todos os períodos do ano é sim possível o sustento através dessa atividade.

#### **4.2 Setor NE do município de Bocaina de Minas**

Dentro do município que apresenta uma configuração predominante SW-NE, temos dois setores que apresentam uma maior movimentação econômica e turística, são eles os setores SW e NE. Dos habitantes do município sua maior concentração se encontra no setor NE, onde temos a principal igreja da cidade, com diversas praças, órgãos públicos, prefeitura e a câmara da cidade, assim como diversas ruas e localidades importantes para a região.

Outro setor mencionado é o setor SW do município que apresenta uma quantidade bastante reduzida de habitantes comparada a região NE e apresenta uma atividade basicamente predominante que seria o turismo, tanto que é notável a diferença nos momentos de alta e baixa temporada na localidade.

Relativo ao relevo e geologia das duas regiões temos uma variante significativa, na qual foi importante a escolha do setor NE para o mapeamento e posterior análise que seria

uma maior área de planícies de inundação à NE e uma maior variação de padrões de relevo apresentando tanto planícies próximas a bordas de escarpa, algo relevante na análise dos movimentos gravitacionais de massa, porém o setor SW apresenta altimetrias mais elevadas e maiores declividades porém em áreas que não apresentam grandes riscos as pessoas e as moradias ou construções locais.

Por esta diferenciação que foi proposto a escolha do setor NE para o mapeamento, não que o outro segmento não seja relevante, mas por uma questão de otimização e relevância da área.

### **4.3 Geomorfologia e Geologia Regional**

Para que possamos ter uma boa base e fundamento para falarmos sobre a Geologia Regional primeiro é importante conhecermos a geomorfologia regional. O trabalho é um conjunto de informações geológicas e geomorfológicas, ambas fundamentais para o mapeamento e análise.

A geomorfologia nada mais é que um retrato ou espelho da geologia regional, portanto compreendendo a geomorfologia temos uma compreensão inicial da geologia, podendo assim um ratificar o outro. Segundo RICCOMINI (2004) o modelo digital de elevação (MDE) nos indica as principais feições geomorfológicas da região, podendo ser facilmente identificados as áreas de baixada e as bacias sedimentares, assim como as áreas montanhosas e de serra.

Através da exemplificação apresentada na figura 4.7, temos aqui um registro da geomorfologia regional que apresenta importantes pontos de destaque como as baixadas representadas pelas bacias sedimentares de São Paulo, Taubaté, Volta Redonda e Resende, assim como importantes serras e maciços como as serras da Mantiqueira e do Mar e os maciços de Itatiaia e Passa Quatro.

É possível, portanto, verificar já previamente com relação à geomorfologia um sistema de Rife, conhecido como o Rife Continental do Sudeste Brasileiro, que apresenta um gráben claramente observado e esse padrão pode ser observado segundo a literatura, tanto em área continental quanto oceânica.

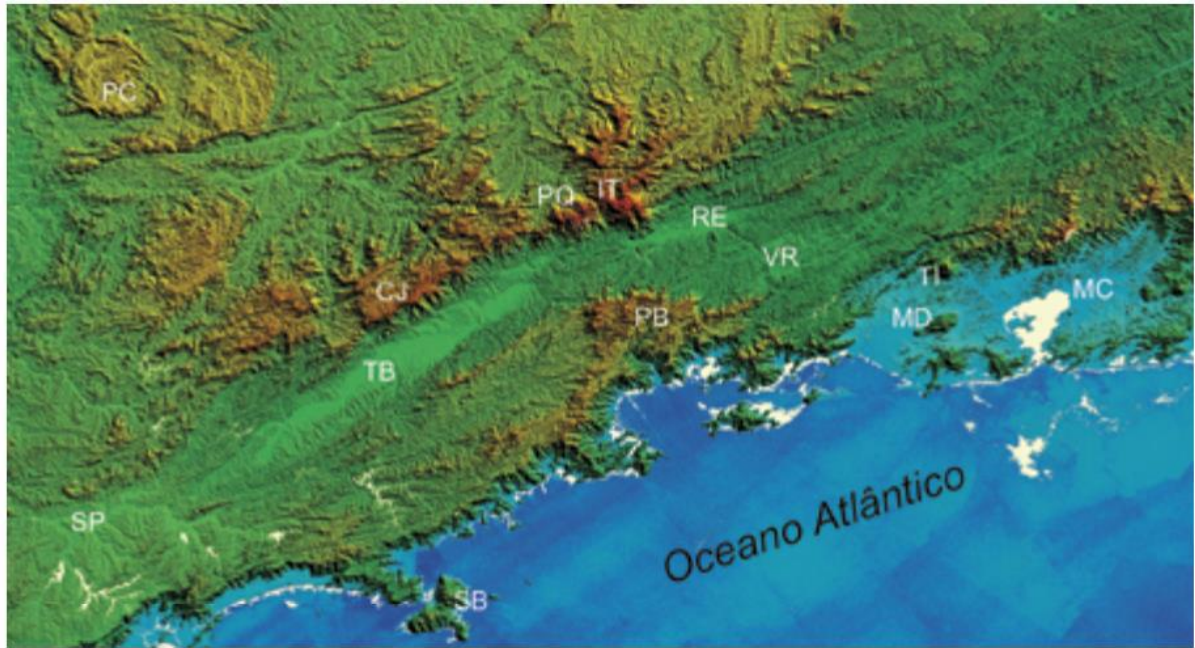


Fig. 4.7 - Principais feições geomorfológicas do RCSB, entre as bacias de São Paulo e Macacu. No modelo de elevação do terreno destacam-se as bacias sedimentares de São Paulo (SP), Taubaté (TB), Resende (RE), Volta Redonda (VR) e Macacu (MC), os planaltos da Bocaina (PB), na Serra do Mar, e de Campos do Jordão (CJ), na Serra da Mantiqueira, além dos maciços alcalinos de Poços de Caldas (PC), Passa Quatro (PQ), Itatiaia (IT), São Sebastião (SB), Tinguá (TI) e Mendanha (MD), dentre outros. Notar a marcante estruturação do embasamento, segundo a direção geral ENE a NE, com zonas de cisalhamento proterozóicas reativadas no Mesozóico e Cenozóico. Fonte: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), United States Geological Survey (USGS), 2002

Regionalmente falando o município de Bocaina de Minas se encontra inserido no contexto geológico regional do Rifte Continental do Sudeste do Brasil o RCSB já previamente mencionado, segundo RICCOMINI (2004). Porém a seguir temos uma figura apresentando um mapa tectônico da região do Sudeste do Brasil, onde a região em estudo se encontra identificada através da região de Itatiaia que se encontra a SW do município. Nela podemos encontrar os maciços alcalinos do Parque Nacional de Itatiaia que abrangem uma região do município. Sabemos que a região se encontra inserida no cinturão Ribeira, uma faixa móvel e próxima à bacia sedimentar de Resende que se apresenta mais à Sul do município e da região estudada. Essas informações todas podem ser observadas na figura 4.8 logo em seguida, com ela vemos o quão complexo se apresenta o contexto geológico da região.



Fig. 4.8- Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil - 1) Cráton do São Francisco; 2) Cinturão Brasília; 3) Terreno Cabo Frio; 4) Terreno Oriental - Domínio Costeiro; 5) Terreno Oriental - Arco Magmático Rio Negro; 6) Klippe Paraíba do Sul; 7) Terreno Ocidental; 8) Bacia do Paraná; 9) corpos alcalinos do Cretáceo Superior a Eoceno; 10) bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB): A - São Paulo; B - Taubaté; C - Resende; D - Volta Redonda; E - Macacu; F - Itaboraí; G - Barra de São João; 11) sedimentos cenozóicos indiferenciados; 12) falhas reversas, nappes; 13) Alinhamento Magmático de Cabo Frio; 14) limites de grábens do RCSB. Fontes: modificado de Riccomini (1989), Ferrari (1990), Mohriak & Barros (1990), Heilbron et al. (2000) e Ferrari (2001)

A região está inserida na faixa móvel, ou cinturão Ribeira ao norte das bacias sedimentares de Resende e Volta Redonda, porém o RCSB se encontra sobre gnaises, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau, de idade arqueana a neoproterozóica, do Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1973), que são basicamente as rochas do embasamento encontradas no mapeamento geológico da região. Zonas de cisalhamento dextrais e profundas são encontradas ao longo de todo o Rife e a orientação de grande parte dos corpos rochosos da região são NE-SW.





Fig. 4.9 - Contexto geológico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) - 1) embasamento pré-cambriano; 2) rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná; 3) rochas vulcânicas toleíticas eocretáceas da Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico; 5) bacias cenozóicas do rift (1- Bacia de Itaboraí, 2- Gráben de Barra de São João, 3- Bacia do Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Gráben de Sete Barras, 9- Formação Pariquiera-Açu, 10- Formação Alexandra e Gráben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Gráben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozóico e Cenozóico. Fontes: modificado de Melo et al.(1985a), Riccomini et al. (1996) e Ferrari & Silva (1997)

Reiterando o que já havia previamente sido mencionado, na figura 4.9 temos o embasamento pré-cambriano sendo amplamente apresentado, encontramos também uma grande zona de cisalhamento pré-cambriana que foram reativadas durante o Mesozóico e Cenozóico cortando a área de estudo, podendo portanto através disso ser observada uma alta e recente atividade tectônica na região. Este conteúdo também é abordado na figura 4.10, onde um mapa mais completo e de maior detalhe da região proximal ao município é exposto.

O mapa da figura 4.10, a seguir serve de base para o mapa geológico de detalhe da região, este mapa aponta estruturas geológicas como os diversos tipos estruturas como falhas e dobras e diversas informações relevantes para o entendimento da geologia local e regional da área de estudo, assim como a litologia, sua descrição e posição dentro da coluna estratigráfica, uma seção geológica de detalhe e subprodutos relevantes para análise local.

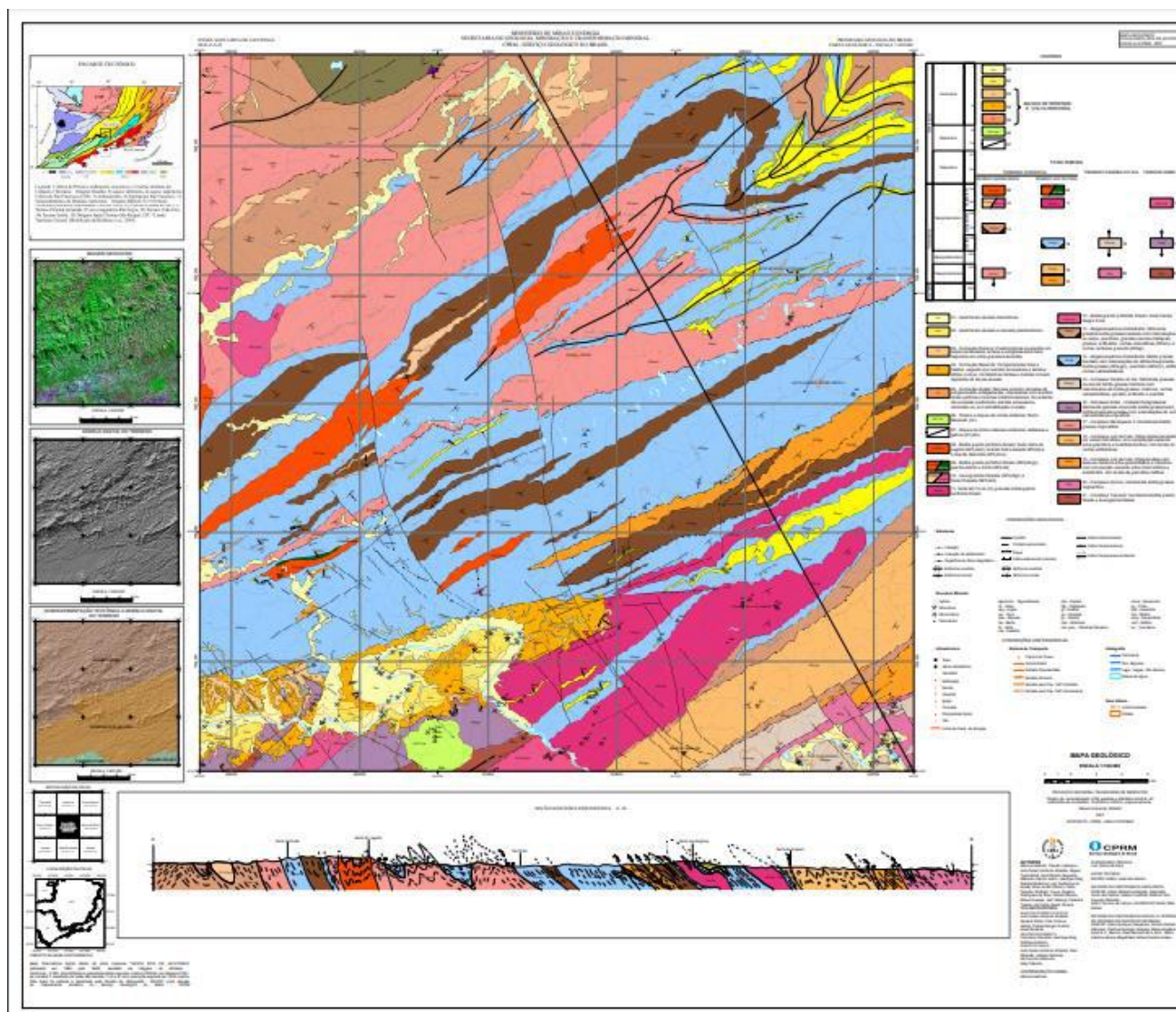


Fig. 4.10 - Mapa geológico, folha Jacutinga, que compreende a região do município. Fonte: CPRM

#### 4.4 Geologia Local

Previamente a geologia regional foi apresentada, temos agora portanto a geologia local que segue o mesmo padrão já apresentado, especificando-se um pouco mais a litologia e distribuição espacial da mesma. No município temos diversas litologias apresentadas, com exemplos de rochas ígneas, metamórficas predominantemente e rochas sedimentares bastante recentes, com depósitos clásticos não consolidados.

Segundo o mapa geológico apresentado na figura 4.11, temos 7 unidades predominantes na área do município, são elas a começar pela região SW os complexos plutônicos alcalinos, suítes intrusivas alcalinas, conhecida como o Complexo Alcalino do Itatiaia, com rochas ultramáficas alcalinas e associadas a complexos plutônicos, datada do Cretáceo. Estas rochas alcalinas, fazem parte de um lineamento de sucessivos episódios magmáticos geneticamente associados, indicando um movimento da litosfera SulAmericana de leste para oeste sobre um hot spot gerando a ocorrência dessas intrusões alcalinas na região, segundo Pires et al. (2014).

Outra unidade importante que se encontra em proximidade com os complexos alcalinos, também na região SW do município são os depósitos aluviais com uma série de sedimentos clásticos inconsolidados. Em diversos locais encontramos também a Suíte Maromba que apresenta rochas ígneas como granitos, granodioritos e tonalitos, que são classificados como granitos tipo I ou C sincolisionais a poscolisionais.

Uma outra unidade frequente, porém, mais encontrada na parte NW do município é o Leucogranito Capivara, rocha ígnea tipo S, sincolisional a poscolisional formada por Granada-biotita leucogranito foliado, datado do Ediacarano. O Leucogranito é uma rocha bastante comum na região, com diversas presenças ao longo de toda a região em estudo.

A quinta unidade que será encontrada na região é a Formação São Vicente do Subgrupo Carrancas, Grupo Andrêlandia, esta unidade é formada por rochas metamórficas, também bastante predominantes na região. A unidade é constituída principalmente de metagrauvaca, muscovita-biotita paragnaisse bandados, com intercalações de quartzito, muscovita-quartzito xisto, localmente migmatítico. De acordo com as características da unidade ela é tectonicamente classificada como uma antiga bacia de margem passiva, com diversas litofácies metaultramáficas e eventuais anfibolitos. Temos também o complexo Mantiqueira, com rochas predominantemente metamórficas, como ortognaises TTG, com intercalações de anfibolito e metaultramáficos.

Como última unidade a ser mencionada e presente na região, localizada na região norte do município, a Formação Arantina, do subgrupo Serra do Turvo, Grupo Andrelândia. Esta unidade é composta de biotita xisto/gnaiss grosseiro com intercalações de quartzito, anfibolito, calcissilicática, metaprecipitados químicos em fácies anfibolito, rochas predominantemente metamórficas, essa unidade é encontrada ao longo da região mais à norte do município, com uma grande abrangência dentro do mesmo. A unidade pode ser classificada tectonicamente como uma antiga bacia de margem passiva com litofácies metaultramáficas e eventuais anfibolitos, assim como a Formação São Vicente já previamente documentada.

De acordo com as descrições apresentadas das variadas unidades encontradas no município, a seguir temos o mapa com as unidades devidamente descritas nas legendas propostas, de acordo com a figura 4.11.

As orientações como já mencionado anteriormente seguem um padrão NE-SW, a única unidade que foge este padrão são as intrusões alcalinas de Itatiaia que apresentam orientação diferenciada, devido a sua gênese. Através desse mapa mais detalhado e com as litologias específicas de cada área do município, temos um maior entendimento da geomorfologia e do possível comportamento das regiões em relação aos movimentos de massa e padrões de inundações e enxurradas.



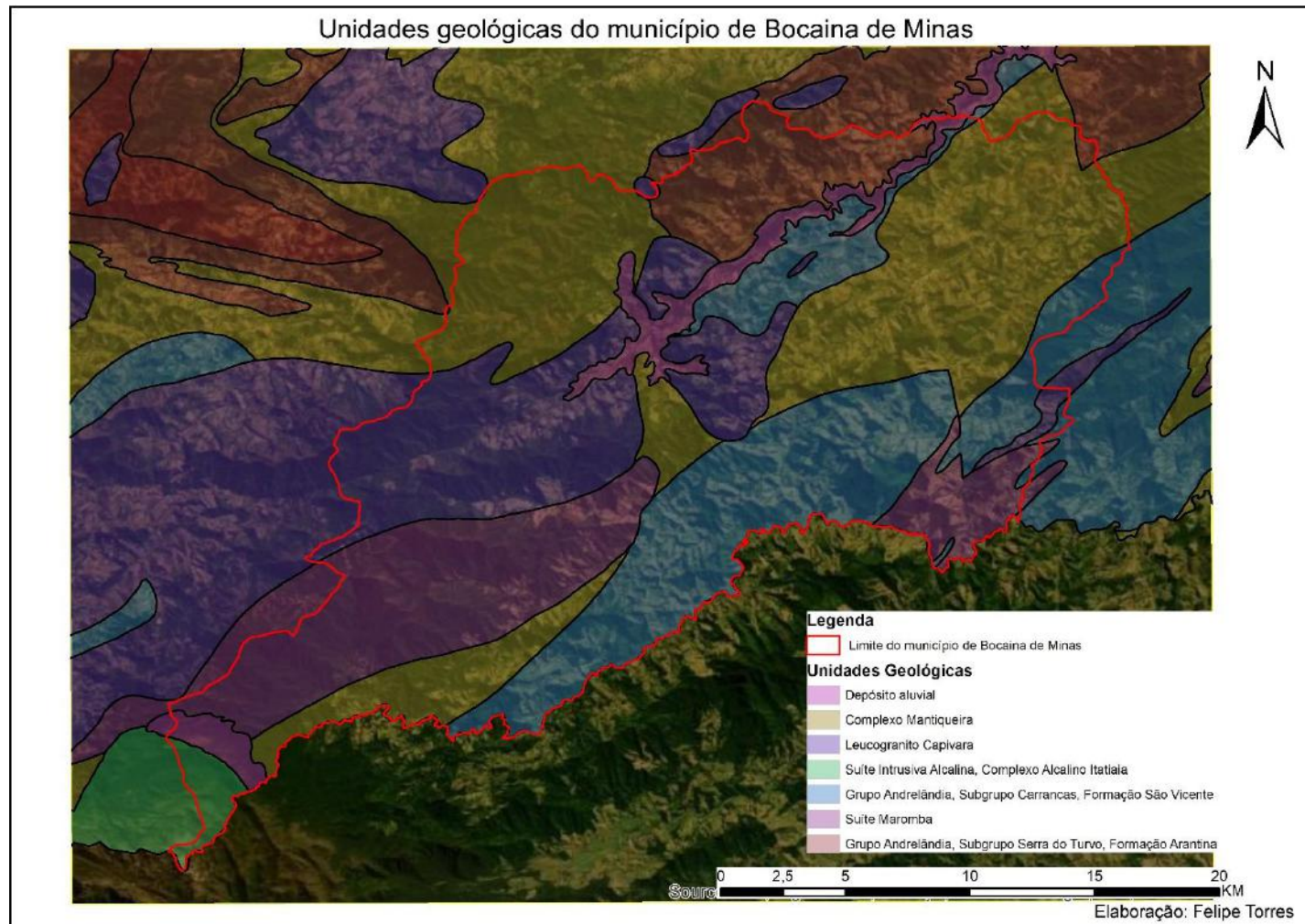


Fig. 4.11 – Mapa de Unidades geológicas do município de Bocaina de Minas, mapa extraído do mapeamento geológico previamente elaborado pela CPRM no ano de 2014

## **5 – RESULTADOS E PRODUTOS**

### **5.1 Apresentação do mapa final de padrões de relevo**

A figura 5.5 apresenta os resultados do trabalho e uma gama de informações que serão posteriormente discutidas e analisadas, sendo a mais importante função deste mapeamento verificar e analisar a distribuição dos diversos padrões ao longo do setor NE. Tanto a figura 5.5 quanto a figura 5.6 apresentam o mesmo resultado, porém diferentes visualizações, na figura 5.5 apresenta-se um mapa apenas com o destaque para os padrões de relevo mapeados, um mapa unicamente focado no mapeamento geomorfológico do setor. Na figura 5.6 apresenta-se o mesmo mapa, porém com o relevo tridimensional ao fundo gerado no ARCGIS 10.4, este mapa diferencia-se do anterior devido à noção e entendimento tridimensional da região, nele verificamos a variação do relevo assim como a variação do padrão acompanhando o relevo.

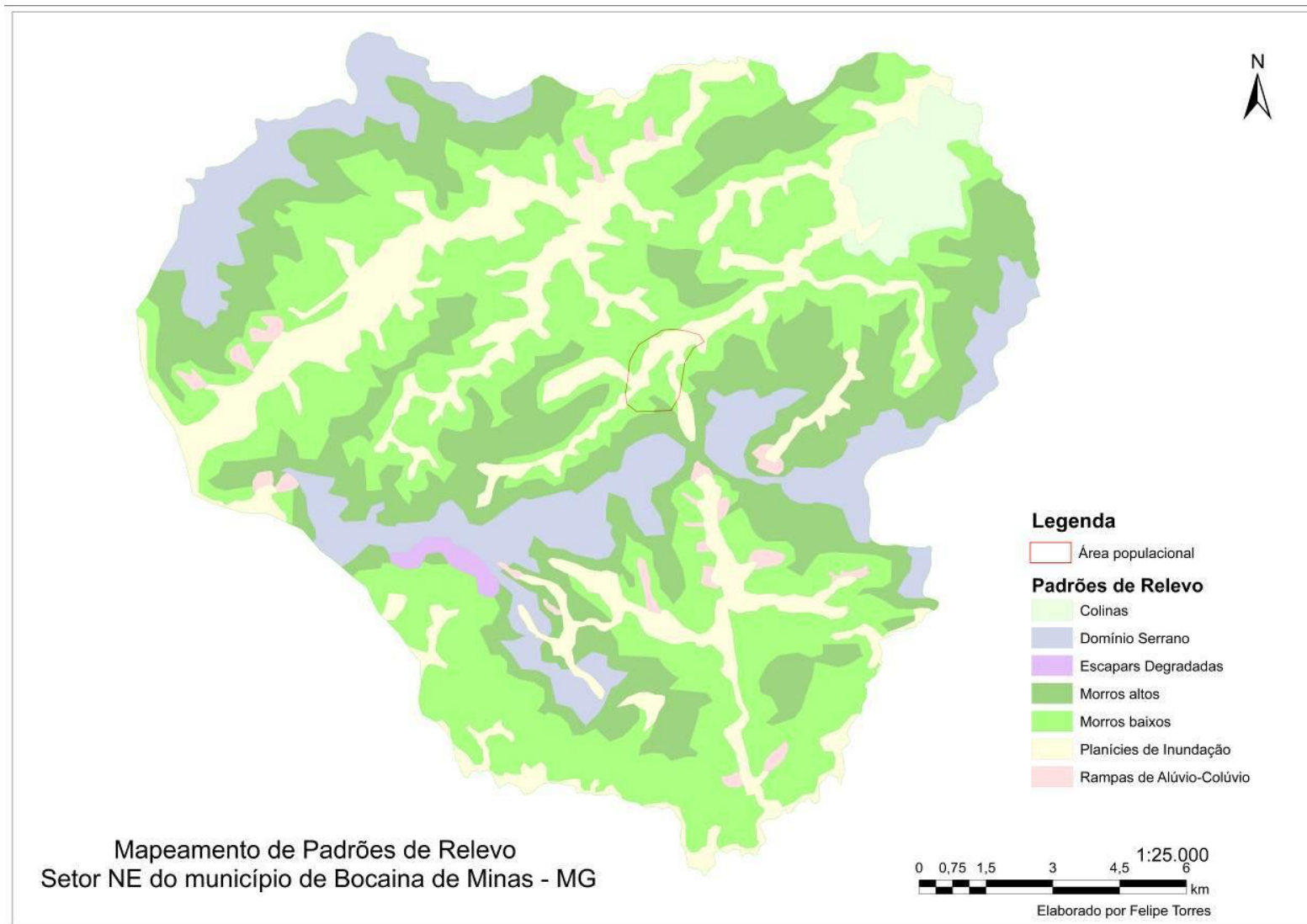


Figura 5.1: Mapeamento geomorfológico de padrões de relevo referente ao setor NE de Bocaina de Minas – MG (Elaborado por Felipe Torres)

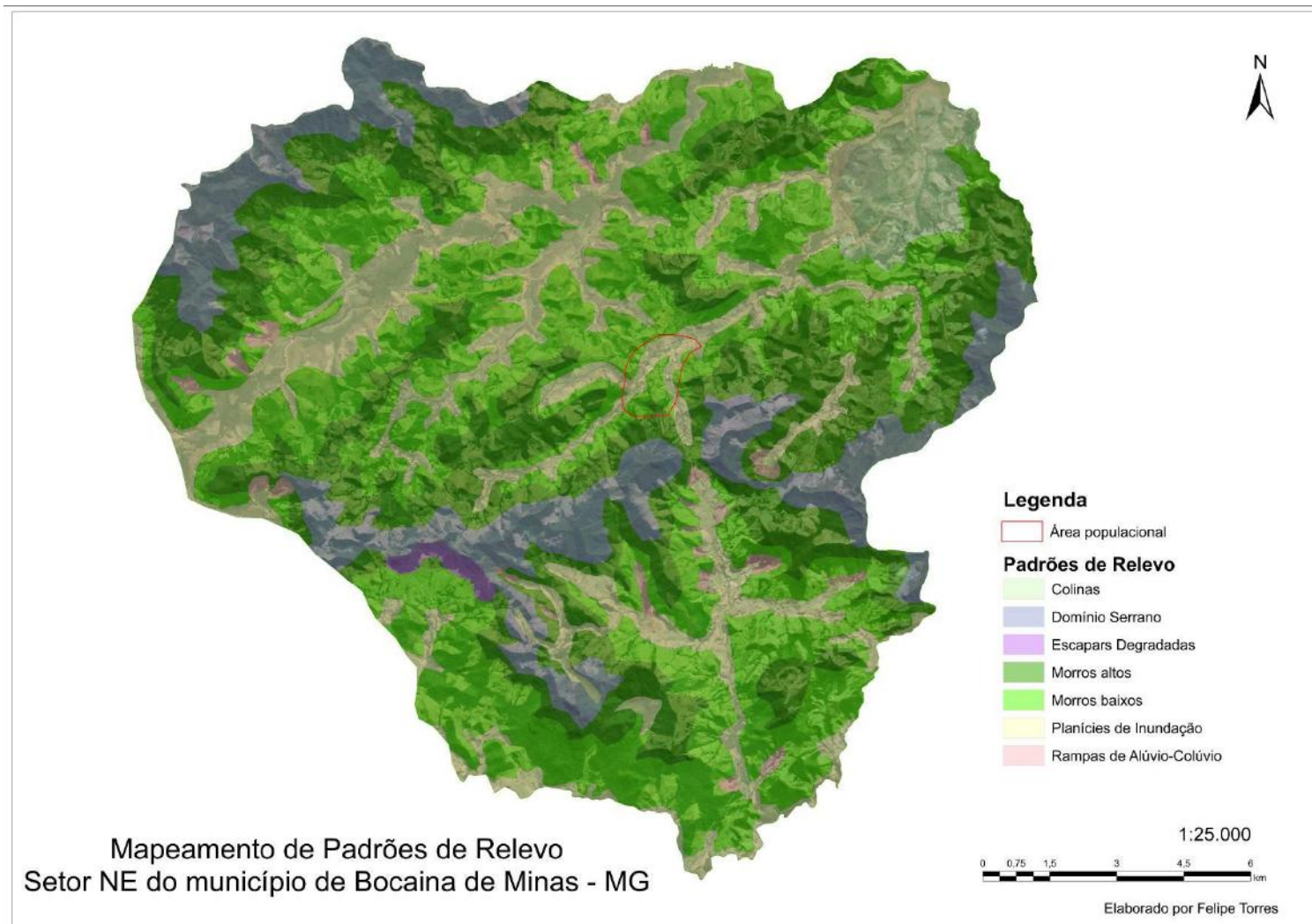


Figura 5.2: Mapeamento geomorfológico de padrões de relevo referente ao setor NE de Bocaina de Minas – MG, com relevo sombreado ao fundo.  
(Elaborado por Felipe Torres)



De acordo com o resultado gerado pelo mapeamento, apresentam-se 7 padrões de relevo encontrados na região, são eles a começar dos domínios de baixada para os mais elevados: planícies de inundação, rampas de alúvio-colúvio, Colinas, morros baixos, morros altos, domínios serranos e as escarpas degradadas.

O resultado e os padrões podem ser entendidos das seguintes maneiras, de acordo com (DANTAS 2016), as planícies de inundação são superfícies horizontais a sub-horizontais que podem ser determinadas como características de terrenos que possuem as grandes possibilidades de inundação, dependendo é claro do material que apresentam, podendo ser argiloso ou areno-argiloso. Sendo este argiloso, aumenta-se a probabilidade de inundações, as planícies também se apresentam situadas em fundos de vales e gradientes convergentes ao curso de água principal.

As rampas de alúvio-colúvio são feições muito difíceis de se caracterizar, porém são compostas de matérias areno-argilosos em sua maioria, mal selecionados e característicos de depósitos de encostas. A alta presença de rampas pode e deve ser um grande indicativo de sucessivos movimentos de massa ocorrendo na região, assim como as cicatrizes que são feições ainda mais claras dessas movimentações.

As colinas, os morros altos e morros baixos fazem parte de um domínio já de unidades denudacionais, ou seja, são feições que não sofrem aporte sedimentar, mas sim erosão, em seguida seus sedimentos erodidos se depositam em outras feições com unidades agradacionais como as já citadas anteriormente, as planícies de inundação e as rampas de alúvio-colúvio.

A variação entre essas três feições, as colinas, morros altos e baixos são basicamente a declividade e relações altimétricas, porém apresentam algumas diferenciações. As três feições possuem morros com topos arredondados, porém os morros altos podem apresentar topos pontiagudos e uma maior atuação de processos de erosão laminar como a formação de sulcos e ravinas, além de uma maior probabilidade de processos de movimentos de massa.

As colinas e morros baixos são constituídos de vertentes mais convexo-côncavas com topos mais aplainados que os domínios de morros altos que apresentam também uma moderada a alta suscetibilidade a movimentos de massa com diversos processos erosivos ocorrendo como as erosões laminares e lineares, com geração de sulcos, ravinas e voçorocas.

No mapa encontramos também o domínio serrano que é um relevo muito acidentado com aspecto montanhoso. As cristas são mais alinhadas, com ocorrências de paredões rochosos, porém na área mapeada não encontramos uma alta quantidade de paredões rochosos na região. Essas feições apresentam uma alta suscetibilidade à diversos movimentos de massa,

como deslizamentos, queda de blocos e avalanche de detritos, pois os solos são desenvolvidos sobre sedimentos coluviais com ocorrência de depósitos de tálus correlatos. Os gradientes são muito elevados assim como as amplitudes de relevo também, no mapa pode-se observar feições serranas muito próximas a áreas de planícies o que pode causar ainda mais risco de desastres naturais.

Por fim a última feição encontrada no mapeamento são as escarpas degradadas, que apresentam declividades bastante acentuadas, elas apresentam um recuo quando comparadas com as escarpas serranas, porém ainda assim uma elevada altimetria e uma alta suscetibilidade à ocorrência de processos gravitacionais de massa, assim como os domínios serranos.

São estes os padrões de relevo encontradas na área do setor NE do município de Bocaina de Minas, nele está inserido a maior parte da população do município e este mapeamento, portanto, poderá servir como base para a análise do risco geológico, assim como as futuras ocorrências de movimentos gravitacionais de massa e inundações. É de grande valia para os agentes públicos e moradores da região, tanto na prevenção quanto nas áreas de maior urgência, caso haja desastres naturais na região devido ao aumento de chuvas intensas na região.

## **5.2 Validação de campo e pós-campo**

Após todo o mapeamento realizado em escritório, é necessária uma validação de campo e mudanças pós-campo, caso necessário, no produto gerado em escritório. Poucas observações foram feitas, devido ao pouco tempo disponível para campo, porém as imagens do campo podem identificar algumas feições mapeadas na região. A seguir na figura 5.7 encontra-se observada uma imagem com as feições, morro alto e mais ao fundo a feição de domínio serrano na região, verificando assim a correta presença das feições no mapeamento. Logo após temos a figura 5.8 que com o mesmo objetivo da figura anterior exemplifica as feições mapeadas na região, nesta figura temos apenas a feições morros baixos encontrada no local onde a foto foi tirada e ao fundo a feição morros altos.

Essas são boas imagens para verificarmos os diferentes padrões de relevo na região em estudo, observando-se que em algumas localidades temos ao fundo outros padrões que podem ser constatados através apenas de observação e não se torna necessário passar por todas as localidades da área mapeada para que essas constatações sejam feitas.



Figura 5.3: Imagens demonstrando as feições morros altos e domínio serrano na região de Bocaina de Minas – MG, (fonte: Felipe Torres)



Figura 5.4: Imagens demonstrando a feições morros baixos no local onde a foto foi tirada e morros altos presente ao fundo da imagem na região de Bocaina de Minas – MG (fonte: Felipe Torres)

Concluindo a etapa de validação de campo temos uma imagem, a da figura 5.9, com uma demonstração das feições morros baixos que se encontram no contorno da feição de planícies de inundação, a qual apresenta a menor altimetria da região.



Figura 5.5: Imagens demonstrando a feições morros baixos no entorno da feição planícies de inundação, presente na parte medial da imagem, inserida na região de Bocaina de Minas – MG. (fonte: Felipe Torres)

Concluindo assim etapa de validação de campo de acordo com a metodologia se torna necessário levar as informações de volta para o mapeamento feito e verificar se tudo se encontra de acordo com as classificações e feições indicadas.

Não foram necessários ajustes grandes e significativos. O mapa produzido e apresentado neste capítulo com os resultados já se encontra ajustado, os principais foram os ajustes nas bordas dos polígonos entre os morros altos e morros baixos, que é um detalhe mais difícil de se verificar apenas com as fotointerpretações. Alguns pequenos ajustes também foram feitos nas fronteiras entre as rampas de alúvio-colúvio e as planícies de inundação na

parte Sul do setor mapeado. Em geral não foram necessários grandes reparos nas feições observadas e mapeadas apenas algumas mudanças nas delimitações de cada padrão.

### 5.3 Resultados referentes à distribuição dos padrões de relevo

Uns dos resultados importantes de serem avaliados é a distribuição dos diferentes padrões de relevo mapeados dentro da área proposta para o estudo. O setor NE do município apresenta uma área total de 222,89 km<sup>2</sup>, quase a metade do município, que apresenta em sua totalidade 502,70 km<sup>2</sup>. Dentre essa quilometragem total observada a distribuição dos padrões ocorre da seguinte maneira segundo a tabela 5.1.

	Km <sup>2</sup>	%
COLINAS	10,29 km <sup>2</sup>	4,62
DOMÍNIO SERRANO	33,81 km <sup>2</sup>	15,16
ESCARPAS DEGRADADAS	1,23 km <sup>2</sup>	0,56
MORROS ALTOS	58,46 km <sup>2</sup>	26,23
MORROS BAIXOS	73,39 km <sup>2</sup>	32,93
PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO	40,39 km <sup>2</sup>	18,12
RAMPAS DE ALÚVIO-COLÚVIO	5,32 km <sup>2</sup>	2,38

Tabela 5.1: Tabela com a distribuição quantitativa dos padrões de relevo do setor NE do município de Bocaina de Minas referente ao mapeamento geomorfológico da região em estudo. (elaboração: Felipe Torres)

A Tabela se encontra segmentada em termos quantitativos dos km<sup>2</sup> envolvendo cada padrão, assim como uma coluna segmentando os percentuais preenchidos por cada padrão, dando assim uma noção numérico da área e uma noção em termos de distribuição espacial que será discutida no capítulo referente à discussão da análise que será feita posteriormente.



## 6 – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

### 6.1 Discussão referente ao produto do mapeamento final

Com relação à metodologia verificamos que existe confiabilidade na descrição ao se mapear os padrões de relevo utilizando o conteúdo da biblioteca de padrões de relevo, segundo Dantas (2016), de acordo com a observação feita em campo essa confiabilidade pode ser constatada comparando-se os resultados.

Na introdução foram levantados questionamentos que poderão ser discutidos agora após a elaboração do produto como: “A metodologia cumpre seu papel na análise geomorfológica do município? Verificando a acuracidade da metodologia apresentada, eficácia e fácil entendimento do material apresentado, podemos dizer que a metodologia cumpre seu papel com proeza na investigação dos padrões de relevo e geomorfologia local, segundo Noronha *et al.* (2015) cumpre o papel de uma análise morfológica do terreno averiguando a textura e rugosidade do terreno no qual se busca a identificação de grandes conjuntos geomorfológicos atuantes na dinâmica do terreno.

Por sabermos que os padrões de relevo revelam importantes características predisponentes à ocorrência de movimentos de massa, os padrões de relevo podem ser utilizados como insumo de uma modelagem de suscetibilidade, assim como são referenciados na descrição das características das classes que foram apresentadas na metodologia.

De acordo com Dantas (2013) o produto de padrões de relevo faz uma análise morfológica completa e serve como base para análises subsequentes sobre a gênese e evolução dos processos geomorfológicos dos terrenos, assim como as interações entre geologia, relevo, solos, clima e vegetação.

Além dessas enormes e grandes finalidades o mapeamento do relevo tem uma função altamente relevante na questão do estudo integrado entre a gestão ambiental e o planejamento territorial. Esses assuntos são de grande relevância já que a prefeitura não dispõe de defesa civil, não dispõe de um estudo integrado com a gestão ambiental levando em consideração um mapeamento de detalhe do relevo como proposto neste trabalho. Em conjunto com a gestão ambiental encontra-se o planejamento territorial que apenas se faz verdadeiro em sua essência quando é levado em consideração a variação do relevo assim como apresentado nas variações dos padrões observados no mapa final apresentado na figura 5.6.

Podemos verificar que riscos e perigos referentes aos movimentos gravitacionais de massa e inundações, existem de fato na região, primeiro devido ao histórico da região conter episódios semelhantes, e segundo através de observações em campo de feições erosivas.

Apesar dessa análise de fato o mapa é uma excelente base para que o município, assim como seus habitantes e autoridades locais, possam se mobilizar para que haja uma prevenção e controle ocupacional das áreas do município. Como anteriormente citado o material será de grande valia por não haverem sido feitos estudos como esse na região do município e pelo fato de que ainda não existe alguém ou uma equipe da defesa civil no município, sendo um relevante material para que esse pedido possa ser feito junto ao ministério público para que haja uma tal equipe ou base da defesa civil na região.

A presença da defesa civil será tanto para a prevenção e análise de materiais, com estudos elaborados e produtos como esse apresentado, tanto para as possíveis ações emergências necessárias quando houver ocorrência de desastres em áreas futuramente identificadas através do planejamento estratégico do município que poderá ser melhor refeito após a análise detalhada do relevo.

De acordo com Salomão (2012) a carta geomorfológica serve de subsidio para a elaboração de uma carta geotécnica do município e assim configura um importante subsidio para a elaboração do Plano Diretor Municipal (PDM) que poderá vir a ser elaborado no município em especial no setor em destaque que apresenta a grande parte da população da região.

## **6.2 Discussão referente à distribuição espacial das classes de padrões de relevo**

Analisando a distribuição e ocupação de cada padrão podemos notar uma diferença marcante, com relação aos padrões morros altos e baixos em relação aos outros padrões. As feições morros altos e morros baixos aparecem como os principais padrões mapeados, as duas totalizam 131,85 km<sup>2</sup> da região, isso significa cerca de 60% da região e os 40% restantes distribuído entre as outras feições mapeadas.

Analisando cada feição individualmente temos as escarpas degradadas que apresentam um valor baixo comparado às outras feições, pois temos apenas uma localidade na região que apresenta tal feição localizada à SW do setor, já as rampas, apesar de terem baixos valores espaciais numéricos apresentam uma vasta distribuição ao longo da região estudada, elas se encontram conectadas à feições das planícies de inundação devido à diferença dos

gradientes topográficos das planícies e das feições adjacentes gerando assim a formação de rampas de colúvio ao longo da distribuição espacial das planícies.

Apesar de estarmos em uma área com um relevo de alto índice altimétrico temos valores consideráveis de planícies de inundação devido à presença dos dois grandes rios que cortam a região e esculpem o relevo atual formando consigo as planícies de inundação mapeadas. Comparativamente elas apresentam uma significativa representação na região em destaque diferentemente das colinas que se encontram apenas em uma localidade específica da região, mais à NE do setor.

Por se tratar de um domínio elevado com relação à altimetria, encontra-se uma significativa distribuição das feições de domínio serrano na região, uma feição bastante comum macroregionalmente, sendo apresentada de maneira vasta nos municípios do entorno e em toda a região da serra da Mantiqueira. As regiões de domínio serrano são encontradas mais afastadas das regiões de planícies de inundação

Outra discussão bastante relevante seriam os padrões de relevo que se apresentam inseridos na área populacional do município, vemos portanto a cidade inserida em uma área de planícies de inundação, isso se apresenta algo bastante preocupante em termos de planejamento urbano. Apesar de não haverem sido noticiados episódios prévios de inundações sabemos que devido a esse mapeamento existe sim a possibilidade do desastre devido à localização das áreas habitáveis. O Ideal, portanto seria uma maior quantidade de habitações inseridas no padrão morros baixos e infraestrutura caso haja períodos de chuvas mais intensas.

### **6.3 Discussão referente distribuição dos padrões de relevo com relação à hipsometria e inclinação das encostas**

Como proposto na metodologia a fotointerpretação dos padrões de relevo se dá através da análise dos mapas de inclinação de encostas segundo a figura 3.3 e hipsometria segundo a figura 3.4. Nestes mapas podemos obter as informações necessárias combinadas com a fotointerpretação para elaboração do mapeamento de relevo, além destes também podemos destacar um recurso que nos ajuda nessa interpretação que é o relevo sombreado obtido através do Modelo Digital de Elevação.

Com o mapa da inclinação das encostas podemos verificar os gradientes altimétricos do terreno e relacioná-los de acordo com a tabela 3.1. O mapa de inclinação das encostas apresenta uma baixa distribuição espacial de inclinações acima de 30°, nessas condições



sabemos, segundo Rodrigues (2015), que os solos areno-argilosos variam seu ângulo de atrito entre 30° e 50°, havendo portanto uma maior probabilidade de deslizamento e rupturas em áreas com terrenos arenosos e ângulos maiores que 30°. Essas áreas com esses ângulos foram classificadas em sua maioria como domínio serrano, escarpas degradadas e uma pequena parte dentro da classificação dos morros altos, sendo assim as outras classes de feições não atingiram inclinações maiores que 30°.

As classes com inclinações de 0° a 5° e valores de variação altimétricas menores que 25 metros foram todas classificadas como planícies de inundação sendo algumas com esses valores altimétricos já classificadas como morros baixos ou colinas.

Segundo Carvalho (2004) podem ocorrer problemas em áreas planas ou com baixas altimetrias nas gerações de valores de inclinação e hipsometria automáticos através do MDT, porém não foram constatados ou averiguados tais problemas na geração do produto em questão neste trabalho, porém ainda de acordo com Carvalho (2004) os resultados dessas gerações são bastante satisfatórios quando se analisa uma grande região referente ao relevo.

#### **6.4 Conclusões**

Após a apresentação de todo o trabalho e as discussões feitas podemos concluir que o mapa de padrões de relevo do setor NE do município de Bocaina de Minas – MG 1:25000 serve como extrema valia para um conhecimento detalhado da geomorfologia da região. Apresenta-se como um instrumento de fácil compreensão e entendimento para todos, tanto indivíduos como órgãos públicos.

O maior e central objetivo deste trabalho é que haja uma conscientização inicial da população e de todos para o gestão territorial do local onde eles habitam, que existem áreas em que não existem condições de se construir e habita, ou seja áreas que há possibilidade de que tudo aquilo que foi construído com esforço venha a ser destruído e também de maneira mais relevante para que nenhuma vida seja desperdiçada pela falta de informação e descaso.

O mapeamento é algo exato em que podemos verificar um resultado preciso de acordo com os parâmetros e métodos utilizados, porém a análise feita após o mapeamento pode ser tanto técnica quanto empírica. A metodologia aplicada no trabalho é de grande relevância, mas sua aplicação está relacionada aos dados obtidos através do geoprocessamento e as observações de campo que não são determinadas através de

conhecimentos absolutos. Acredita-se que os resultados foram como esperados com uma excelente investigação e empenho na organização e elaboração do trabalho proposto.

### **6.5 Possíveis etapas futuras**

Com base na metodologia utilizada, nos dados aplicados e resultados alcançados para a elaboração deste trabalho seguem algumas recomendações para trabalhos futuros, como por exemplo:

- Avaliação constante da utilização dos solos e ocupação populacional
- Verificação de históricos de desastres e base de dados
- Posterior elaboração de uma carta de suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa e inundações com polígonos pré-definidos e áreas determinadas, para uma atuação mais rápida e eficaz. Por enquanto o único entendimento relacionado à suscetibilidade à movimentos gravitacionais de massa e inundações é através de uma avaliação superficial e projetada apenas em experiências anteriores com este tipo de mapeamento. Ainda são necessários mais dados e informações para que um trabalho como esse seja feito na região. Os dados relevantes para esse produto seriam análise do solo, drenagens e bacias hidrográficas da região, assim como os índices pluviométricos locais e para isso seria necessários controles e medições regulares, mapeamento detalhado das feições erosivas, lineamentos e cristas e produção de modelagem baseada em equações e modelos matemáticos.

Importante ressaltar que para a análise futura podemos levar em consideração as análises das feições de relevo que começaram a ser mapeadas de acordo com a figura 3.5 como uma exemplificação e um início na identificação e pode ser completada facilmente em trabalhos futuros, por ser essa uma análise altamente relevante para avaliação dos riscos geológicos.

- Mapeamento do município por completo assim como o setor SW, para uma integração dos dados obtidos, apesar da baixa quantidade populacional, existe uma relevância no setor SW com relação ao turismo da região.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário.** (Geomorfologia, 18). FFCHL, USP São Paulo, 23p. 1969.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011.** Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, Novembro de 2012.

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; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 11 abr. 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Artigo 5º. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. M.; **Aplicação de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Nº 1, p. 85-93, 2004.

CEMADEN- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Ameaças naturais: **Movimento de massa.** Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/>>. Acesso em: 10.10.2019.

CEPED – Centro de Estudos e Pesquisas em engenharia e defesa civil (UFSC). Inundações e deslizamento na região serrana do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/2011-inundacoes-e-deslizamento-na-regiao-serrana-do-rio-de-janeiro/>>. Acesso em: 21.05.2019.

CHORLEY, R. J., SCHUMM, S. A., SUGDEN, D. E. **Key Concepts in Geomorphology.** London: Methuen, 1984. 607 p.

DANTAS, M. E. **Biblioteca de padrões de relevo: Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação.** CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, 2016.

DANTAS, M. E. **ANÁLISE DE PADRÕES DE RELEVO: UM INSTRUMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE.** CPRM-Serviço Geológico do Brasil, cap. 10, p. 132 – 138. Rio de Janeiro, 2013.

FELL, R. *et al.* **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning.** *Engineering Geology*, v. 102, p. 83-111, 2008.

FERRARI, A. L. **Evolução tectônica do Gráben da Guanabara.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 412 p. 2001.

FERRARI, A. L. **A geologia do “Rift” da Guanabara na sua porção centro-oriental e sua relação com o embasamento pré-cambriano.** *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, Anais, v. 6, p.2858-2872. 1990

FERNANDES, N. F. *et al.* **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para entender a Terra.** 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 738 p.

GUZZETTI, F. *et al.* **Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy.** *Geomorphology*, v. 31, p. 181-216, 1999

HEILBRON, M *et al.* **From collision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil.** *In: W.U. Mohriak & Talwani (eds.) Atlantic rifts and continental margins.* AGU, Washington, D.C., Geophysical Monograph 115, p.1-32. 2000.

PIRES, G. L. C. *et al.* **Caracterização Petrográfica e Mineralógica de Brechas Magmático-Hidrotermais no Complexo Alcalino de Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro: Ocorrências de Fluorita e Minerais de ETR.** Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 37 - 1 / 2014 p. 05-16

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO E CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 nota técnica explicativa.** 2014. São Paulo, SP; Brasília, DF.

JULIÃO, R. P. *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal.** Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Papel das comunidades e das universidades no gerenciamento de desastres naturais.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. Anais. Florianópolis: GEDN/UFSC 2004. p. 834-836.

MOHRIAK, W.U.; BARROS, A. Z. N. **Novas evidências de tectonismo cenozoico na região sudeste do Brasil: o gráben de Barra de São João na Plataforma de Cabo Frio, RJ.** Revista Brasileira de Geociências, 20(1-4): 187-196. 1990.

NORONHA, F. de L. *et al.* **PADRÕES DE RELEVO E CLASSES DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NOS ESTADOS DO RS E SC: CORRELAÇÕES A PARTIR DOS PRODUTOS DO PROJETO CARTAS DE SUSCETIBILIDADE (CPRM).** 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Porto Alegre, 2015.

PINHEIRO, A. **Enchente e inundação.** In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.192, 2007.

PRANDINI, F. L. *et al.* **Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana.** São Paulo: IPT, 1980.

PREFEITURA DE BOCAINA DE MINAS. **História.** Disponível em: <[https://www.bocainademinas.mg.gov.br/?page\\_id=141](https://www.bocainademinas.mg.gov.br/?page_id=141)> Acesso em: 15.07.2019.

RENNÓ, C. D. *et al.* **HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia.** Remote Sensing of Environment, v. 112, p. 3469- 3481, 2008.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil.** 1989. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de doutorado, 256 p.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G; FERRARI, A.L. **Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil.** In: MantessoNeto, V.; A.A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro & B.B. Brito-Neves (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida, Beca, p. 351-373. 2004.

RODRIGUES, N. G. L. **Estudos sobre o ângulo de atrito em solos graníticos residuais.** Universidade da Beira Interior. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia civil. Corvilhã, Junho de 2015

ROSS, J.L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, 6, p. 17-29. 1992.

SALOMÃO, F., X., de T.; MADRUGA, E., de L.; MIGLIORINI, R., B., **Carta geotécnica do perímetro urbano da Chapada dos Guimarães: subsídios ao plano diretor.** Revista do Instituto de Geociências – USP. eol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1, Abril 2012