



ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES MINEIROS DO MÉDIO RIO GRANDE (GD7) COMO SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE PROCESSOS GEOLÓGICOS

Physiographic aspects of the Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7) catchment as a support for the identification of areas with potential for the occurrence of geological processes

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa

Doutora em Geociências e Meio Ambiente, Pós-doutorado em Geociências, Professora de Educação Superior da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Acadêmica de Passos – Área de Geoprocessamento, Departamento de Ciências Agrárias e da Terra (DCAT)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2524-8443>

claudia.correa@uemg.br

Milena Almeida de Paula Malaquias

Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Acadêmica de Passos. Bolsista de Iniciação Científica do Edital 01/2023

PIBICFAPEMIG/UEMG

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7728-9540>

milena.2139073@discente.uemg.br

Trabalho apresentado durante a 7ª Jornada Científica da Geografia da UNIFAL-MG & 1º Encontro Sul Mineiro de Geografia e selecionado para publicação

RESUMO

Nos últimos anos, o Brasil tem sido palco de uma série de acidentes catastróficos associados a processos geológicos gerados por chuvas excepcionais, com sérias consequências sociais, econômicas e ambientais, demonstrando a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre a dinâmica desses processos, para que sistemas de gestão e ordenamento territorial mais eficazes possam ser implantados no país. O objetivo geral deste trabalho é de apresentar as unidades fisiográficas delineadas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande a partir do emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e do método de Compartimentação Fisiográfica, de modo a identificar quais locais possuem maior potencialidade à geração de processos geológicos e hidrogeomorfológicos. De modo geral, as unidades fisiográficas que possuem contato direto com planícies são aquelas que possuem maior potencialidade à geração de fluxos de detritos, ao passo que os locais com maiores densidade de relevo são enquadrados como

os que possuem maior potencialidade a processos geológicos/ gravitacionais de massa. A metodologia adotada reuniu critérios geomorfológicos e geológicos fundamentais que contribuem na deflagração de processos gravitacionais e hidrogeomorfológicos, o que possibilitou identificar os locais com maior potencialidade a sua ocorrência.

Palavras-chave: Fluxos de detritos; escorregamentos; geotecnologias; planejamento ambiental; ordenamento territorial.

ABSTRACT

In recent years, Brazil has been the scene of a series of catastrophic accidents associated with geological processes generated by exceptional rainfall, with serious social, economic, and environmental consequences, demonstrating the need for more in-depth research into its dynamics so that more effective territorial management and planning can be implemented in the country. The general objective of this work is to present the physiographic units outlined in the Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande watershed using Remote Sensing and Geoprocessing techniques and the Physiographic Compartmentalization method to identify which locations have more significant potential for the generation of geological and hydrogeomorphological processes. In general, the physiographic units that have direct contact with plains are those that have the greatest potential for generating debris flows, while the places with the highest density of relief are classified as those that have the greatest potential for geological/gravitational processes. The methodology adopted brought together fundamental geomorphological and geological criteria that contribute to the triggering of gravitational and hydrogeomorphological processes, which made it possible to identify the locations with the greatest potential for their occurrence.

Keywords: Debris flows; landslides; geotechnologies; environmental planning; territorial management.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica superficial terrestre (geodinâmica exógena) interage na interface entre a litosfera, hidrosfera e atmosfera, modelando a paisagem terrestre juntamente com os processos dinâmicos internos (geodinâmica endógena) que ocorrem no interior do planeta. A geodinâmica exógena, de forma genérica, é controlada pelos processos geológico- geomorfológicos, onde os agentes condicionantes são classificados como predisponentes e efetivos (GUIDICINI; NIEBLE, 1976). Os agentes predisponentes referem-se a um conjunto de características naturais intrínsecas dos terrenos e os agentes efetivos correspondem às ações antrópicas que aceleram e intensificam os processos exógenos que modificam a superfície da Terra, como os movimentos gravitacionais de massa (REIS-JÚNIOR, 2016). Assim, a possibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos externos está condicionada pela predisponência natural do meio físico ao seu desenvolvimento, podendo em alguns casos ter como um elemento adicional as práticas de uso e ocupação (SOUZA; SOBREIRA, 2013).

Nesse sentido, a ocupação de áreas geologicamente instáveis pode deflagrar, potencializar ou maximizar os danos relacionados a um evento. Dentre os processos geodinâmicos que mais causam danos e prejuízos, destacam-se como principais as inundações/ enchentes, os fluxos (detrito, lama) e

os movimentos em encostas de diversos tipos (escorregamentos, rastejo, queda de blocos, sendo o principal deles o escorregamento translacional raso) (SOUZA; SOBREIRA, 2013).

A ocorrência desses eventos é favorecida por um conjunto de fatores do meio físico, como condições geológicas, geomorfológicas, hidráulicas, climáticas e questões ligadas ao uso e ocupação da terra (fator antrópico), que contribuem simultaneamente para sua deflagração e desenvolvimento (GRAMANI, 2001). Fleischman (1978) salienta que os movimentos gravitacionais de massa contribuem significativamente com o contínuo processo evolutivo de relevos montanhosos, responsáveis pela rápida modificação da paisagem. Ademais, Ferreira (2013) destaca que são processos constituintes da dinâmica e da modelagem natural do relevo, de modo que são caracterizados como eventos importantes para o desenvolvimento de encostas, principalmente nas regiões montanhosas (SELBY, 1993).

Apesar destes fenômenos se configurarem como importantes processos de modelamento do relevo e ter sua ocorrência ligada às encostas, nos centros urbanos eles assumem, em geral, proporções catastróficas, uma vez que são feitas diversas modificações na paisagem natural que acabam se relacionando com os fatores naturais, propiciando a deflagração desses eventos (LARSEN; TORRES-SÁNCHEZ, 1998; LISTO; VIEIRA, 2012; SAMIA *et al.*, 2017).

Nos últimos anos o Brasil tem sido palco de uma série de acidentes catastróficos associados a movimentos de massa e de cunho hidrogeomorfológico gerados por chuvas excepcionais (FRANCK *et al.*, 2021), com sérias consequências sociais, econômicas e ambientais, demonstrando a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre a dinâmica desses processos e na avaliação das áreas que podem ser afetadas, para que sistemas de gestão e ordenamento territorial mais eficazes possam ser implantados no país.

Para a mensuração, identificação, previsão e monitoramento dos processos geológicos e hidrogeomorfológicos o emprego de geotecnologias (Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) se configuram como ferramentas eficientes e de baixo custo, conforme proposições de Roper e Dutta (2005), Conterato (2014) e Gregoretti *et al.* (2016). Bell (1993) salienta que o uso de produtos de Sensoriamento Remoto, tais como fotos aéreas ou imagens orbitais, subsidiam estudos desse escopo, pois devido às suas características de periodicidade de imageamento, visão sinóptica e fornecimento de informações multiespectrais e multiespaciais, são ferramentas úteis na observação do alvo e avaliação das transformações da paisagem e do monitoramento de processos do meio físico.

Para Penido *et al.* (1998) as imagens de Sensoriamento Remoto fornecem subsídios para o levantamento atualizado de recursos ambientais (relevo, solos, minérios e água) nas intervenções no meio físico, onde é vital que as tomadas de decisões garantam a sua viabilidade e a melhor relação entre funcionalidade e custo/benefício. Deste levantamento resultam mapas temáticos básicos (uso e

cobertura do solo, geomorfologia e declividade e outros) contendo as informações mais relevantes ao problema, de modo que este pode ser diagnosticado e modelado, orientando a integração dos dados em mapas-síntese, cartogramas, tabelas e quadros, que subsidiam o processo de planejamento e os prognósticos que norteiam a tomada de decisões (PENIDO *et al.*, 1998).

Considerando essas premissas e o aumento de registro de processos geodinâmicos impulsionado pelo cenário de mudanças climáticas atuais, este trabalho tem como objetivo apresentar as unidades fisiográficas delimitadas na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7) (Figura 1) a partir do emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e do método de Compartimentação Fisiográfica, de modo a identificar quais locais possuem maior potencialidade à geração de processos geológicos e hidrogeomorfológicos. A região foi palco recentemente de um grande evento de queda de blocos e registra evidências de processos de escorregamentos e fluxos de detritos, especialmente nas áreas serranas e de meia encosta.

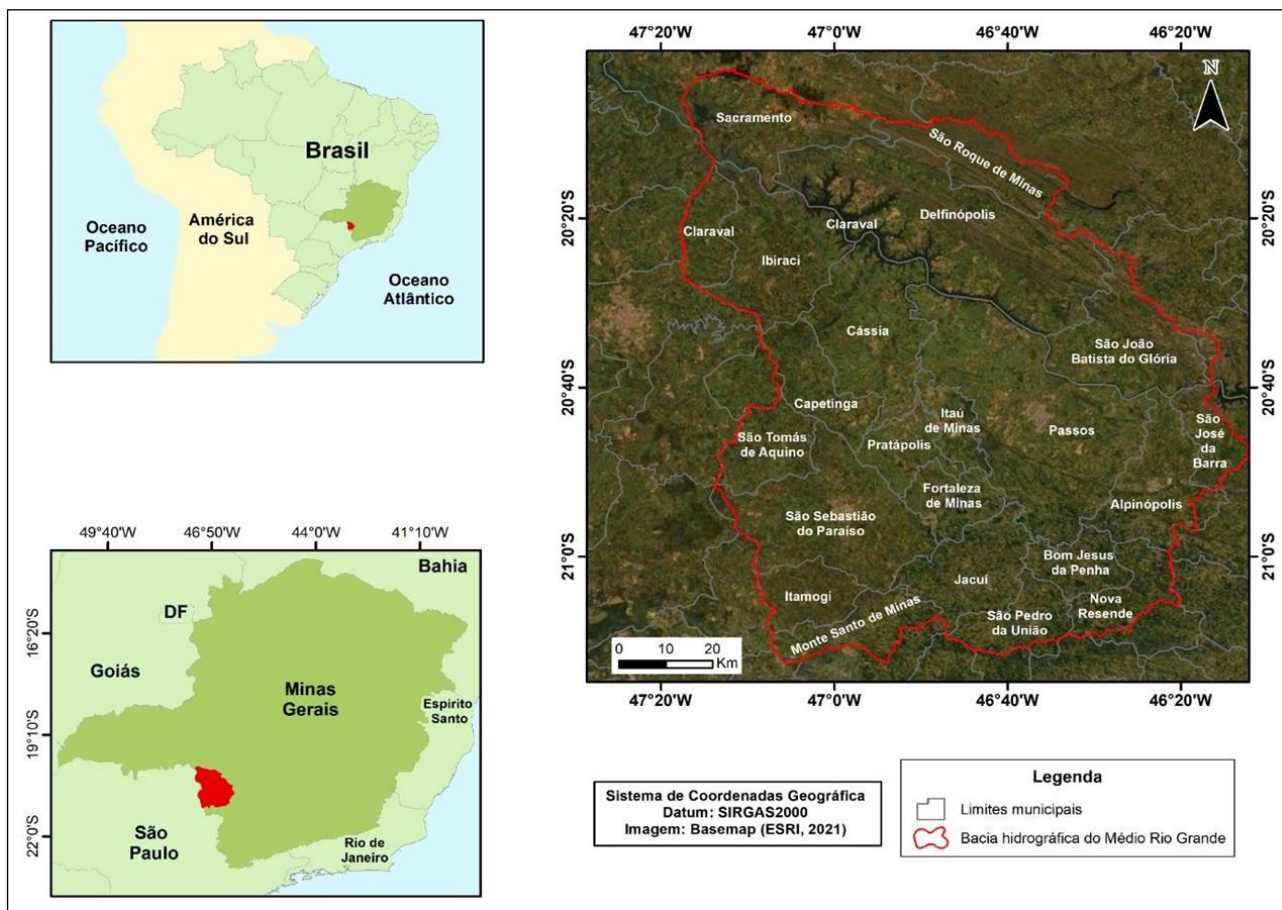


Figura 1 – Localização da área de estudo. Elaborado pelos autores (2023).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para subsidiar a etapa de compartimentação fisiográfica, os seguintes mapas temáticos ligados aos parâmetros morfométricos foram confeccionados em ambiente SIG (Sistema de Informação

Geográfica – *ArcGIS 10.8*): declividade (*slope*), o Modelo Digital do Terreno (MDT – *Digital Elevation Model - DEM*) e relevo sombreado (*hillshade*), elaborados através do geoprocessamento das curvas de nível e hidrografia oriundas de cartas topográficas previamente vetorizadas em escala 1:50.000 do IBGE. Ademais, foram obtidos na plataforma IDE-Sisema dados vetoriais referentes à hidrográfica da respectiva área, bem como informações acerca da geologia regional.

Sobre as imagens de Sensoriamento Remoto, foram utilizados dados da plataforma *Google Earth Pro*. O *Google Earth (GE)* foi lançado em 2005 e desde então se tornou um dos globos virtuais mais populares, com ampla utilização para ensino e pesquisa em Geociências, principalmente em estudos de formas e processos da paisagem (BOARDMAN, 2016).

Ademais, de modo a facilitar o manuseio dos dados documentais, arquivos vetoriais, imagens e outras informações, foi estruturado um banco de dados, cujo sistema de coordenadas adotado foi a plana UTM e o *datum* SIRGAS2000, conforme as orientações do IBGE (IBGE, 1997), de modo a facilitar cálculos envolvendo álgebras de mapas.

O método de compartimentação fisiográfica é utilizado para agrupar os elementos constituintes do meio físico de acordo com suas semelhanças e diferenças (OLIVEIRA, 2004). Segundo Vedovello (2000), consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem, internamente, características fisiográficas homogêneas e distintas das áreas adjacentes.

O método de compartimentação fisiográfica adotado reúne, dentre outras características, critérios morfométricos e geológicos fundamentais que contribuem na deflagração de processos geológicos e hidrogeomorfológicos, tais como densidade de drenagem, declividade, forma do vale e forma da encosta, características do modo de alteração e relação de escoamento superficial/infiltração, o que permite identificar os locais com maior potencialidade a sua ocorrência. Na análise fotogeológica foram consideradas as proposições do quadro elaborado por Zaine (2011) (Figura 2), cuja finalidade é a obtenção de uma carta geológico-geotécnica, seccionada em várias unidades de terreno, que incluem características referentes ao relevo, geologia e uso da terra, cujas informações são sintetizadas mediante a análise integrada, baseando-se no método lógico proposto por Guy (1966) e Soares e Fiori (1976).

No método da compartimentação fisiográfica de Zaine (2011), através da análise de densidade textural, seguindo a observação e classificação da densidade de drenagem e elementos texturais, é possível dividir distintas unidades pela identificação e separação das litologias que apresentem diferentes comportamentos quanto sua permeabilidade granular e o escoamento superficial de águas pluviais em diferentes terrenos geológicos. Essa informação, em conjunto com a delimitação e traçado de estruturas geológicas observadas nas imagens, auxilia na interpretação acerca da identificação de locais propensos a processos geodinâmicos e das estruturas geológicas presentes na área de estudo.

Os critérios propostos por Zaine (2011) consistem em 3 análises básicas: fotoleitura, que consiste na extração de feições de paisagem relacionadas ao relevo e às drenagens; fotoanálise, na qual é realizada a delimitação preliminar da área em zonas homólogas, segundo a distribuição dos elementos de drenagem e relevo, onde são analisadas a forma e estrutura dos elementos da paisagem, considerando aspectos como densidade dos elementos de drenagem e relevo, amplitude, declividade, forma das encostas/vertentes, formas de topo, etc.; e fotointerpretação, baseada na assimilação dos resultados na fotoanálise, de forma a identificar o significado e função dos resultados obtidos e relacioná-los com as características das unidades fisiográficas delimitadas.

Assim, foram utilizadas imagens orbitais e os mapas temáticos complementares pré-confeccionados supracitados para o delineamento das unidades fisiográficas da área com base nos critérios e procedimentos estabelecidos por Zaine (2011), dando suporte à caracterização e reconhecimento dos aspectos físicos das bacias hidrográficas alvo de estudo. Os mapeamentos foram elaborados em escala 1:50.000, que possibilitaram a identificação das áreas com potenciais problemas geológico-geotécnicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7) exhibe, de maneira geral, maiores declividades e amplitudes altimétricas em suas porções norte, sudeste, sul, sudoeste e noroeste (Figuras 3 a 5). Cabe destacar que em sua região norte está assentada a Serra da Canastra, feição morfoescultural e morfoestrutural com orientação NW-SE (MAURO; VALADÃO, 2018).

A aplicação das técnicas supracitadas, bem como do método de compartimentação fisiográfica (Zaine, 2011), possibilitou a delimitação e identificação de unidades fisiográficas distribuídas ao longo da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7) (Figura 6).





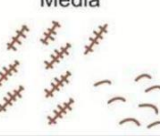


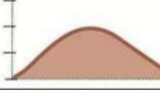
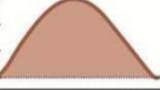

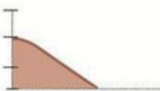
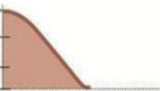







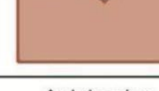
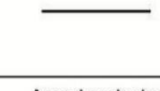



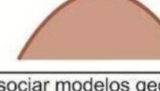
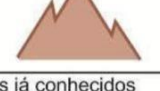
1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km ²) 	Média (5 a 30/10 km ²) 	Alta (> 30/ km ²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande (> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)</small>		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise Registros de processos geológicos	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Figura 2 – Critérios adotados para análise e fotointerpretação geomorfológica e geológica e delimitação das unidades de compartimentação fisiográfica.

Fonte: Zaine (2011).

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espaciaos 	Retilíneos paralelos/adensados
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixa	Médio	Alto	
Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta		
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	
4. Análise complementar		CLASSES			
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos				
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto	
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos	
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos		
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**	
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente	
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente	
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)	
* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo. ** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.					

Continuação da Figura 2.
Fonte: Zaine (2011).

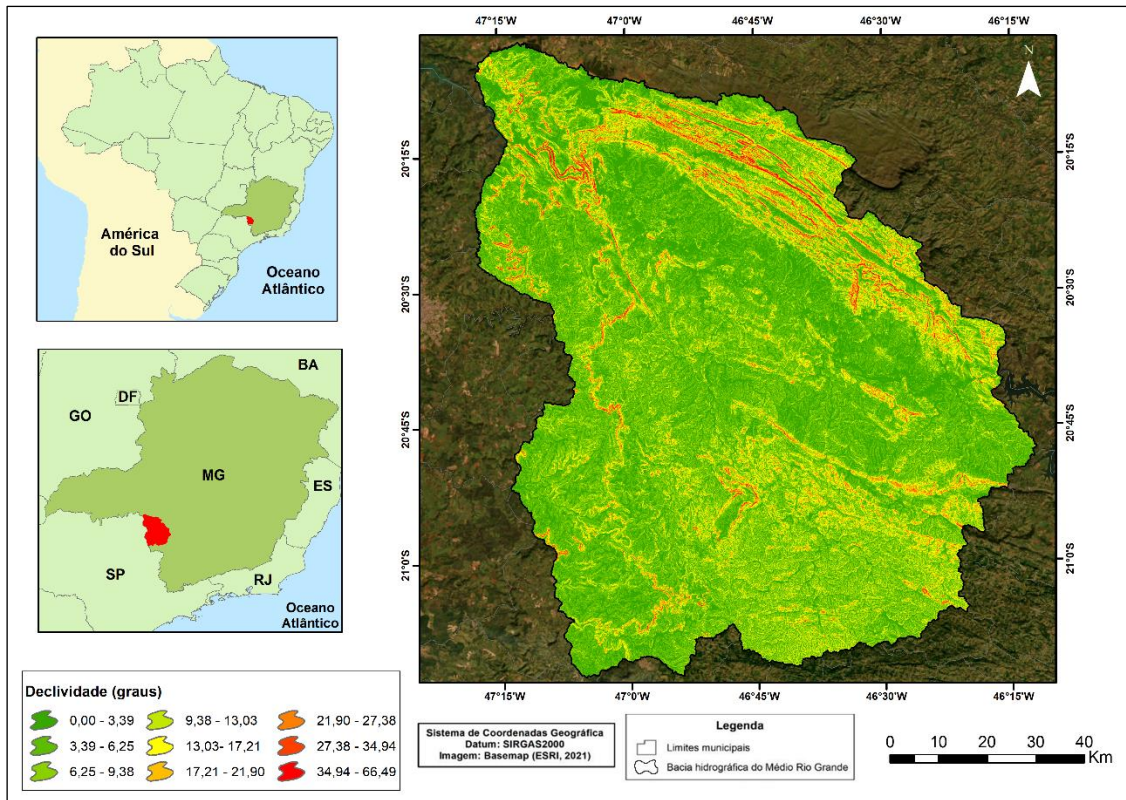


Figura 3 – Declividade na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7).
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

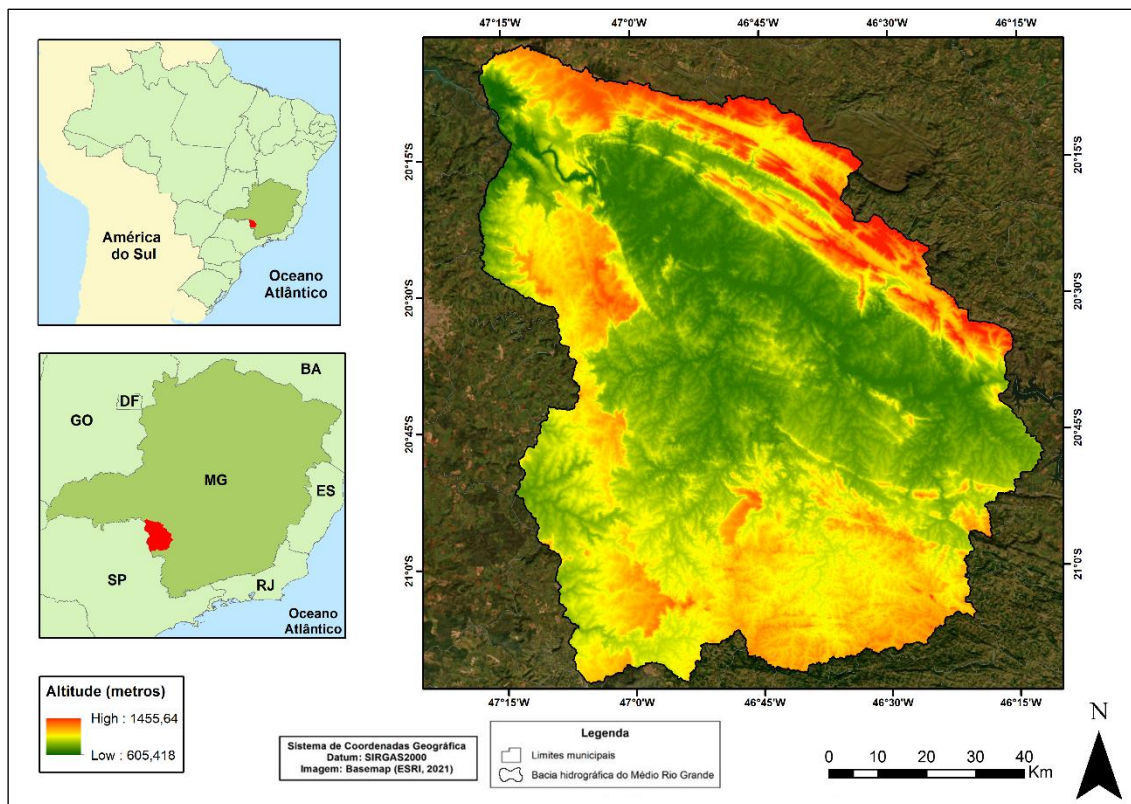


Figura 4 – Modelo Digital do Terreno (MDT) da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7).
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

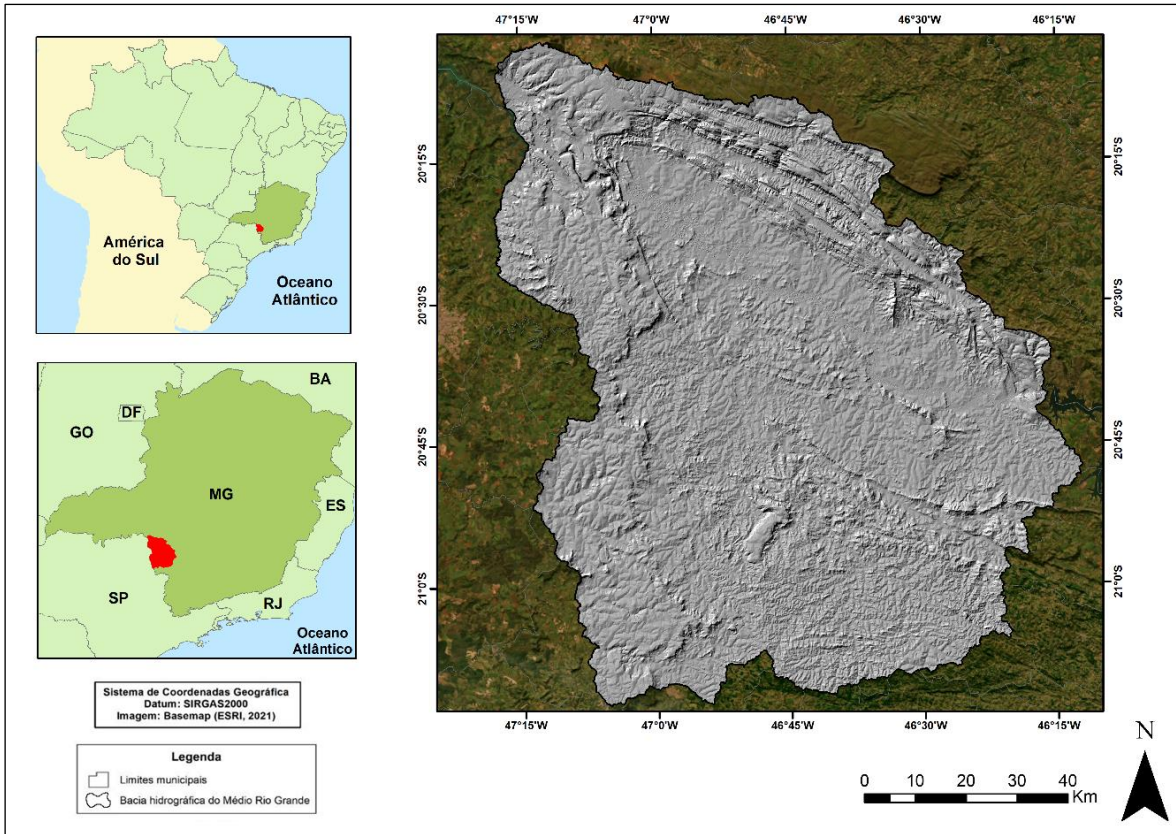


Figura 5 – Relevo sombreado (*hillshade*) da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7).
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

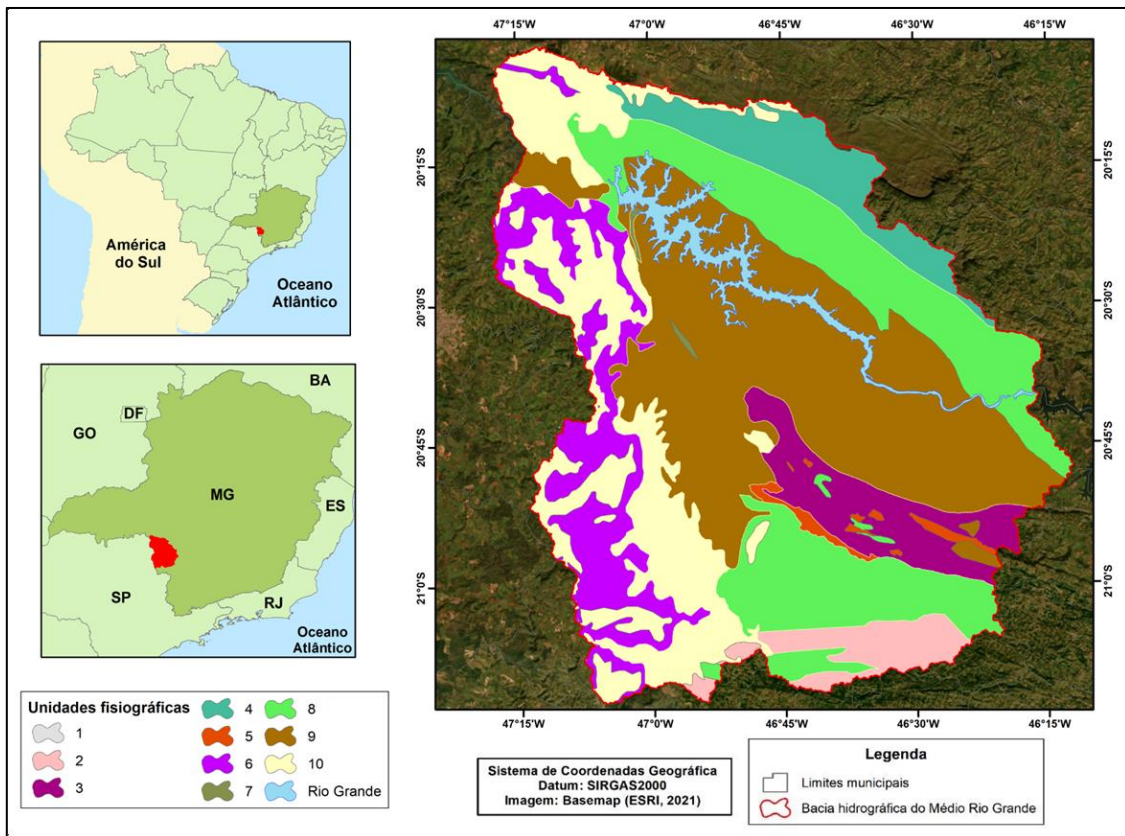


Figura 6 – Unidades fisiográficas da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7).
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A unidade fisiográfica 1 (UF1 – Quartzitos em Relevo Suave) é composta por rochas quartzíticas em relevo com média densidade de drenagem, baixa densidade de elementos de relevo, baixas declividades, baixa amplitude altimétrica, encostas que variam de convexas a côncavas, topos arredondados e vales abertos. Sob a ótica geológica-geotécnica, possui: baixa relação do escoamento superficial sobre a infiltração, topo rochoso profundo e, portanto, baixo potencial a movimentos gravitacionais de massa como queda de blocos e escorregamentos (*landslides*). Entretanto, estes locais, caso recebam materiais oriundos de processos de escorregamento, podem gerar fluxos de detritos (*debris flows*), especialmente nos locais com extensas planícies fluviais. Ainda, possui média potencialidade à ocorrência de enxurradas (*flash floods*).

A unidade fisiográfica 2 (UF2 – Gnaisses em Relevos Escarpados) é composta por rochas gnaíssicas em relevo com alta densidade de drenagem, alta densidade de elementos de relevo, altas declividades, média amplitude altimétrica, encostas retilíneas, topos angulosos e vales fechados. Apesar de possuir uma pequena expressão na área de estudo, são locais com grande potencial na geração de processos gravitacionais, especialmente queda de blocos e escorregamentos.

A unidade fisiográfica 3 (UF3 – Rochas ultramáficas em Relevo de Morros) é composta por rochas graníticas e migmatíticas em relevo com média densidade de drenagem, média densidade de elementos de relevo, médias declividades, média amplitude altimétrica, encostas convexas a côncavas, topos arredondados e vales fechados a abertos. Possui médio potencial à geração de processos gravitacionais, especialmente escorregamentos e rastejos.

A unidade fisiográfica 4 (UF4 – Filitos, Xistos e Metarenitos em Platôs) é composta por filitos, xistos, sericita xistos, grafita xistos e metarenitos em relevo com alta densidade de drenagem, alta densidade de elementos de relevo, altas declividades, média a alta amplitude altimétrica, encostas retilíneas, topos aplainados e vales fechados. Possui alto baixo potencial à geração de processos gravitacionais, especialmente escorregamentos e quedas de blocos.

A unidade fisiográfica 5 (UF5 – Quartzitos em Relevo Abrupto) é composta por quartzitos metaultramórficos e metavulcânicos em relevo com média densidade de drenagem, média densidade de elementos de relevo, médias declividades, média amplitude altimétrica, encostas côncavas, topos arredondados e vales fechados e abertos. Possui médio potencial à geração de processos gravitacionais, especialmente escorregamentos. Podem exibir frequentemente processos erosivos.

A unidade fisiográfica 6 (UF6 – Formação Serra Geral em Relevo Abrupto a Ondulado) é composta por dacitos em relevo com média a alta densidade de drenagem, média a alta densidade de elementos de relevo, médias a altas declividades, média amplitude altimétrica, encostas côncavas a retilíneas, topos arredondados a angulosos e vales fechados e abertos. Possui médio a alto potencial

à geração de processos gravitacionais, especialmente escorregamentos. O material gerado por escorregamentos nesses locais pode potencializar processos de fluxos de detritos no sentido jusante.

A unidade fisiográfica 7 (UF7 – Complexo Cristalino em Relevo de Baixada) é composta por xistos e biotitas em relevo com média densidade de drenagem, baixa densidade de elementos de relevo, baixas declividades, baixa amplitude altimétrica, encostas convexas, topos aplainados e vales abertos. Possui baixo potencial à geração de processos gravitacionais e alto potencial à ocorrência de enxurradas e inundações.

A unidade fisiográfica 8 (UF8 – Xistos em Relevo Abrupto) é composta por xistos, migmatitos e granitos em relevo com alta densidade de drenagem, alta densidade de elementos de relevo, altas declividades, média amplitude altimétrica, encostas côncavas e retilíneas, topos arredondados a angulosos e vales fechados. Possui alto potencial à geração de processos gravitacionais.

A unidade fisiográfica 9 (UF9 – Xistos em Relevo Suave) é composta por xistos, quartzitos e muscovitas em relevo com baixa densidade de drenagem, baixa densidade de elementos de relevo, baixa declividades, baixa amplitude altimétrica, encostas convexas e côncavas, topos aplainados e vales abertos. Possui alto potencial à geração de enxurradas (*flash floods*) e inundações (*floods*).

A unidade fisiográfica 10 (UF10 – Materiais Inconsolidados em Planícies Aluviais) é composta por depósitos de leques aluviais, arenitos, folhelhos, arenitos e depósitos de argila em relevo com baixa densidade de drenagem, baixa densidade de elementos de relevo, baixa declividades, baixa amplitude altimétrica, encostas convexas e côncavas, topos aplainados e vales abertos. É a unidade identificada com o maior potencial à geração de enxurradas (*flash floods*), fluxos de lama (*mud flows*) e inundações (*floods*).

4. CONCLUSÕES

Em síntese, as unidades fisiográficas que possuem contato direto com planícies são aquelas que possuem maior potencialidade à geração de fluxos de detritos, ao passo que os locais com maiores densidade de relevo são enquadrados como os que possuem maior potencialidade a processos geológicos/ gravitacionais de massa.

A metodologia adotada neste trabalho reuniu critérios geomorfológicos e geológicos fundamentais que contribuem na deflagração de processos gravitacionais e hidrogeomorfológicos, o que possibilitou identificar os locais com maior potencialidade a sua ocorrência, facilitando o processo de ordenamento territorial e planejamento ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pela bolsa concedida no âmbito do Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ) do Edital PROPPG Nº 10/2022. Agradecem, ainda, à Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pelo suporte técnico e científico.

REFERÊNCIAS

BELL, F. G. **Engineering Geology**. Oxford: Blackwele Science Ltd. 1993. 359p.

BOARDMAN, J. The value of Google Earth™ for erosion mapping. **Catena**, v. 143, p. 123– 127, 2016.

CONTERATO, L. **Uso do programa RAMMS na modelagem de corridas de detritos e previsão de áreas atingidas**: estudo do caso de Quitite-Papagaio. 2014. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FERREIRA, F. S. **Análise da influência das propriedades físicas do solo na deflagração dos escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP)**. . 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FRANCK, A.G.; GUSMÃO, J.S.; KOBIYAMA, M. Avaliação da influência da resolução do modelo digital de terreno na modelagem numérica de escorregamentos e fluxo de detritos. **Revista Geonorte**, v. 12, n. 40, p. 1-23, 2021.

GRAMANI, M. F. **Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (“Debris Flows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais**. 2001. 372 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GREGORETTI, C.; DEGETTO, M.; BOREGGIO, M. GIS-based cell model for simulating debris flow runout on a fan. **Journal of Hydrology**, v. 534, p. 326–340, 2016.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1976. 170p.

GUY, M. Quelques principes e quelques expériences surla methodologie de la photointerpretation. In: Symp. Intern. Photo-Interpretation, 2., Paris, **Acte...** v. 1, p. 21-41. 1966.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de referência geocêntrico para a América do Sul**. Relatório Final Grupos de trabalho I e II. Rio de Janeiro: CDD IBGE, 1997. 122p.

LARSEN, M. C.; TORRES-SANCHEZ, A. J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico. **Geomorphology**, v. 24, p. 309- 331. 1998.

LISTO, F. L. R.; VIEIRA, B. C. Mapping of risk and susceptibility of shallow landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, v. 169, p. 30–44. 2012.

MAURO, M. F.; VALADÃO, R. C. Organização estrutural da paisagem da Serra da Canastra (MG). **Sociedade & Natureza**, v. 30, p. 53-79, 2020.

OLIVEIRA, T. A. **Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos: subsídio ao planejamento territorial do município de Cananeia-SP**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

PENIDO, L. R.; KUX, H. J. H.; MATTOS, J. T. Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 9., 1998. Santos. **Anais...** Santos: INPE, 1998.

REIS-JÚNIOR, W. **Caracterização das unidades geotécnicas da porção leste da Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2016. 166 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

ROPER, W.; DUTTA, S. Remote Sensing and GIS Applications for Pipeline Security Assessment. In: ESRI USER CONFERENCE PROCEEDINGS. 1., 2005. San Diego. **Anais...** San Diego: ESRI, 2005.

SAMIA, J. *et al.* haracterization and quantification of path dependency in landslide susceptibility. **Geomorphology**, v. 292, p. 16–24. 2017.

SELBY, M. J. **Hillslope: materials and process**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 451p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71–104, 1976.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. Disponível em: <<http://www.abge.org.br/site/wp-content/uploads/2017/10/RevistaABGE-art3.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2023.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2000.

ZAINE, J. E. **Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG**. 2011. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.