INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS - CAMPUS OURO PRETO
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

Ariany Gomes Pena

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO DE UMA VOÇOROCA NO DISTRITO DE CLÁUDIO MANUEL, MARIANA - MG

Ouro Preto
2026

ARIANY GOMES PENA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO DE UMA VOÇOROCA NO DISTRITO DE CLÁUDIO MANUEL, MARIANA - MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto, como parte das exigências do Curso de Licenciatura em Geografia, para a obtenção do título de Licenciatura em Geografia.

Orientador (a): Dra.Cecília Félix Andrade
Co-orientador (a): Esp.João Lucas Ferreira Basílio

Ouro Preto

2026

P397c Pena, Ariany Gomes.
Caracterização física do solo de uma voçoroca no distrito de Cláudio Manuel, Mariana - MG [manuscrito] / Ariany Gomes Pena. – 2026.
68 f. : il.

Orientadora: Cecília Félix Andrade.
Coorientador: João Lucas Ferreira Basílio.
Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2026.

1. Estudo dos solos. 2. Voçoroca. 3. Erosão linear. I. Andrade, Cecília Félix. II. Basílio, João Lucas. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 551.435.162

Catalogação: Kelly Cristiane Santos Morais - CRB-6/3217

Ariany Gornes Pena

CARACTERIZAÇAO FÍSICA DO SOLO DE UMA VOÇOROCA NO DISTRITO DE CLAUDIO MANUEL, MARIANA - MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Ouro Preto, para a obtenção do título de Licencianda em Geografia.

Aprovada em: 03/09/2026 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br CECILIA FELIX ANDRADE SILVA
Data: 29/10/2026 19:21:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Ora. Cecilia Felix Andrade Silva (Orientadora)



Esp.Joao Lucas Basilio (Co--orientador)

Prof. Dr. Jairo Rodrigues Silva

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDA DE OLIVEIRA COSTA
Data: 02/11/2026 16:40:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Ora. Fernanda Oliveira Costa

Documento assinado digitalmente
gov.br ARIANA CRISTINA SANTOS ALMEIDA
Data: 29/10/2026 23:05:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Ora Ariana Cristina Santos Almeida

AGRADECIMENTOS

Estou em êxtase por esse momento. O qual confesso que por diversas vezes achei que não chegaria.

E como, Graças a Deus chegou, quero começar agradecendo primeiramente a ele, que é e sempre será a minha base.

A mim mesma, que mesmo passando por tantas dificuldades ao longo desses anos, não desisti do meu objetivo.

Ao IFMG, por todas as possibilidades que me proporcionou e ao ensino ofertado. Aos professores da CODAGEO e CODAEDU, que foram essenciais para minha formação. Em especialmente a minha Orientadora Cecília. A meu Co-orientador João Lucas, que também foi essencial durante esse processo árduo. Saiba que você foi essencial para que esse momento chegasse.

A meus amigos de sala, pelo convívio e leveza, em especial a "Panelinha da Geo". Agradeço demais a Lucas Lacerda e Jornelli por terem enfrentado o campo comigo e peço desculpas mais uma vez pelas intercorrências.

A meu namorado, Rafael e meu cunhado, Tiago pelo apoio e incentivo.

E a meu pai, Antônio Eloy, minha mãe, Cidneya, minha irmã e madrinha, Ariely, por todos os momentos de apoio, pelo ombro amigo, pelos puxões de orelha, pelos incentivos, pela compreensão, e por acreditarem em mim, muitas vezes até mais que eu mesma. Saibam que esse trabalho é NOSSO!

Essa pesquisa é apenas a ponta do Iceberg.

"Só vive o propósito, quem suporta o processo"

RESUMO

Os processos erosivos constituem importantes agentes de transformação da paisagem, podendo ser condicionados pela interação entre características do solo, relevo, cobertura vegetal, dinâmica hídrica e intervenções antrópicas. Entre as feições resultantes desses processos destacam-se as voçorocas, caracterizadas pelo desenvolvimento avançado da erosão linear e capazes de promover alterações significativas na dinâmica geomorfológica e hidrológica das vertentes. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar a voçoroca localizada no distrito de Cláudio Manuel, município de Mariana, Minas Gerais, a partir da relação entre o solo e a paisagem, buscando identificar os fatores que influenciaram sua formação. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, caracterização da área de estudo, trabalhos de campo e análises laboratoriais. Em campo, foram definidos quatro perfis distribuídos ao longo de uma vertente, alocados desde o interflúvio, até a área de ocorrência da voçoroca. Neles, foram realizadas descrições morfológicas, coleta de amostras de solo. Foram realizadas também observações das características da paisagem, considerando aspectos como relevo, cobertura vegetal, dinâmica do escoamento e ocorrência de feições erosivas. As amostras coletadas foram submetidas à análise granulométrica para determinação das frações areia, silte e argila. Os resultados demonstraram mudanças progressivas na paisagem ao longo da vertente, mais expressivas a partir do terço médio. As incisões erosivas apresentaram aprofundamento progressivo em direção à porção inferior da vertente e aumento expressivo de largura nas proximidades da voçoroca, além de características que indicam possível participação de processos erosivos subterrâneos, como o *piping*. Ao final observou-se que a ocorrência e a evolução da voçoroca não esta relacionada a um único fator, mas à interação entre as características predominantemente arenosas do solo, a configuração do relevo, a redução da cobertura vegetal e a concentração do fluxo hídrico ao longo da vertente. Dessa forma, a análise integrada da relação solo-paisagem mostrou-se fundamental para a compreensão da dinâmica erosiva observada na área estudada.

Palavras-chave: Relação solo-paisagem. Voçoroca. **Erosão linear.** Solo. Processos erosivos. Quadrilátero Ferrífero.

ABSTRACT

Erosional processes constitute important agents of landscape transformation and may be conditioned by the interaction between soil characteristics, relief, vegetation cover, hydrological dynamics, and anthropogenic interventions. Among the features resulting from these processes, gullies stand out, characterized by the advanced development of linear erosion and capable of promoting significant changes in the geomorphological and hydrological dynamics of hillslopes. In this context, this study aimed to characterize the gully located in the district of Cláudio Manuel, municipality of Mariana, Minas Gerais, based on the relationship between soil and landscape, seeking to identify the factors that influenced its formation. The research was conducted through a literature review, characterization of the study area, fieldwork, and laboratory analyses. In the field, four soil profiles were defined along a hillslope, extending from the interfluve to the area where the gully occurs. Morphological descriptions and soil sampling were carried out at these profiles. Observations of landscape characteristics were also conducted, considering aspects such as relief, vegetation cover, runoff dynamics, and the occurrence of erosional features. The collected samples were subjected to particle-size analysis to determine the sand, silt, and clay fractions. The results demonstrated progressive changes in the landscape along the hillslope, which became more pronounced from the middle third onward. The erosional incisions progressively deepened toward the lower portion of the hillslope and showed a marked increase in width near the gully, in addition to characteristics indicating the possible contribution of subsurface erosional processes, such as piping. Finally, it was observed that the occurrence and evolution of the gully are not related to a single factor, but rather to the interaction between the predominantly sandy soil characteristics, relief configuration, reduction in vegetation cover, and concentration of water flow along the hillslope. Thus, an integrated analysis of the soil-landscape relationship proved to be fundamental for understanding the erosional dynamics observed in the study area.

Keywords: Soil-landscape relationship. Gully. **Linear erosion**. Soil. Erosional processes. Quadrilátero Ferrífero.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação dos solos 20
Figura 2: Mapa de localização da área de estudo 23
Figura 3: Mapa de cobertura vegetal do Município de Mariana (MG) 24
Figura 4: Formas de vertente 31
Figura 5: Representação das formas de vertente na área de estudo 32
Figura 6: Distribuição dos perfis na área de estudo 39
Figura 7:Posição do perfil 1 e Figura 8: Posição do perfil 2 40
Figura 9: Posição do perfil 3 e Figura 10: Posição do perfil 4. 40
Figura 11: Destorroamento da amostra e Figura 12: Pesagem de 20g de amostra 41
Figura 13: Preparação de amostra e Figura 14: Preparação de amostra 42
Figura 15: Amostras no agitador e Figura 16: Separação de areia. 42
Figura 17: Separação de argila 43
Figura 18: Decantação das amostras 43
Figura 19: Perfil de elevação - Perfil 01 ao perfil 02 50
Figura 20: Perfil de elevação - Perfil 02 ao perfil 03 50
Figura 21:Perfil de elevação - Perfil 03 ao perfil 04 51
Figura 22: Perfil de elevação - Direção das coletas dos perfis 51
Figura 23: Formigueiro ao lado direito do perfil 02 52
Figura 24: Afloramento de rocha a montante da voçoroca 53
Figura 25: Materiais transportados e depositados 54
Figura 26:Perfil 2 com material semelhante a carvão e buracos 55
Figura 27: Perfil 3 e Figura 28: Perfil 4 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas e altitude dos perfis de coleta e descrição..... 38
Tabela 2:Características gerais dos perfis .....46 e 47
Tabela 3: Porcentagem granulométrica por perfil 49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 8
2. OBJETIVOS 9
2.1 Objetivo Geral 9
2.2 Objetivos específicos 9
3. JUSTIFICATIVA 10
4. REFERENCIAL TEÓRICO 11
4.1 O que é um solo? 11
4.2 Gênesis e Formação do solo 14
4.3 Propriedades físicas 16
4.4 Solo de regiões tropicais 18
4.5 Relação Solo Paisagem 21
5. ÁREA DE ESTUDO 23
5.1 Área de estudo 23
5.2 Vegetação regional 23
5.3 Caracterização do clima regional 25
5.4 Hidrologia 26
5.5 Geologia 27
5.6 Geomorfologia 30
5.7 Voçorocas: caracterização e dinâmica erosiva 32
6. MATERIAIS E MÉTODOS 36
6.1 Seleção da área de interesse 36
6.2 Revisão bibliográfica 36
6.3 Trabalho de Campo 37
6.4 Coleta e Descrição 39
6.5 Laboratório 41
6.5.1 Métodos de física do solo 41
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES 44
7.1 Descrições morfológicas dos perfis 44
7.1.2 Resultados da física 48
8. OBSERVAÇÕES DO CAMPO 52
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS 58
REFERÊNCIAS 59

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, há um grande número de feições erosivas, as quais podem ser advindas de fenômenos naturais, como: as chuvas e demais precursores, e ações antrópicas, a partir de atividades desenfreadas e sem uma manutenção adequada do local em questão.

Dentre diversas feições que podem ser encontradas, temos as voçorocas, que é a feição que será estudada neste trabalho. Existem diversos trabalhos, sendo dedicados a esses estudos, como: Silva, M. G. S. *et al,* (2015); Machado, R. L. *et al* (2006); Guerra, A. J.T. (2023), a fim de compreender como ocorre; formas de recuperação; fatores que influenciam, dentre outros. Mas, para que os mesmos possam ocorrer, é necessário que se saiba o que é uma voçoroca; como se forma; e quais ambientes são mais suscetíveis ao processo de voçorocamento.

Segundo Guerra (2009), as voçorocas são feições erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos, as quais estão associadas com processos de erosão acelerada.

> A erosão pode causar muitos danos, tanto ambiental quanto social e econômico. As áreas atingidas por voçorocas apresentam baixa fertilidade natural e o endurecimento da camada superior dos solos, com a formação de crostas e a consequente diminuição da infiltração da água da chuva. (Pereira, 2020).

Sob o ponto de vista da infraestrutura urbana ou rural, Pereira (2020) aponta ainda outra série de prejuízos causados pelo processo de voçorocamento:

> Quando as voçorocas estão próximas das estradas, dificultam o acesso a determinadas localidades, impossibilitando o transporte dos produtos agropecuários e das crianças em idade escolar. A perda do valor da propriedade também é um fator preocupante e que, aliado à baixa produção de alimentos, pode comprometer a segurança alimentar de alguns municípios. (Pereira, 2020).

A voçoroca que será alvo de estudos neste trabalho, se localiza no distrito de Cláudio Manuel, pertencente ao município de Mariana – MG. A realização desse estudo é de extrema importância, pois, a voçoroca se localiza em uma área que tem utilização para pastagem, que em consequência gera a renda mensal do proprietário, através da

criação de gado leiteiro. Além disso, a área apresenta valor social agregado por estar localizada em uma propriedade que abriga a nascente responsável pelo abastecimento de todo o distrito.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar a voçoroca do distrito de Cláudio Manuel, em Mariana (MG), a partir da relação entre o solo e a paisagem, identificando os fatores que influenciaram sua formação.

2.2 Objetivos específicos

a) Descrever as características morfológicas do solo na área de ocorrência da voçoroca;
b) Identificar e descrever os elementos da paisagem (relevo, cobertura vegetal e uso do solo);
c) Identificar os fatores naturais e antrópicos envolvidos no desencadeamento do processo erosivo;
d) Avaliar como a interação entre solo e paisagem contribui para a evolução da voçoroca.

3. JUSTIFICATIVA

Tendo em vista as diversas consequências decorrentes dos processos de voçorocamento, evidencia-se a importância de estudos voltados à compreensão e ao monitoramento dessas feições erosivas, considerando os impactos ambientais associados à sua evolução. Os desenvolvimentos de voçorocas podem desencadear processos de degradação ambiental, a partir da redução da infiltração da água, intensificação do escoamento superficial, transporte de sedimentos, perda de solo e alterações na dinâmica hidrológica e geomorfológica da paisagem.

Nesse contexto, a realização desta pesquisa torna-se relevante por possibilitar a identificação dos fatores condicionantes envolvidos no processo erosivo, contribuindo para uma melhor compreensão da relação entre solo e paisagem e dos mecanismos responsáveis pela evolução das feições erosivas na área de estudo. Além disso, os resultados obtidos poderão subsidiar futuras ações voltadas à conservação dos solos, recuperação de áreas degradadas e mitigação dos impactos ambientais associados aos processos erosivos, podendo também contribuir para estudos semelhantes em outras áreas suscetíveis ao desenvolvimento de voçorocas, como por exemplo, no distrito de Cláudio Manuel, município de Mariana (MG).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O que é um solo?

Os solos são considerados elementos de suma importância para a natureza, sendo fundamental para o desenvolvimento da vida e em diversas atividades humanas. Neste sentido, é interessante ressaltar as inúmeras pesquisas em diversas áreas, e suas distintas percepções, que são relacionadas a este tema, como exemplos: o solo para agronomia, para a geografia, para a engenharia civil, para a geologia. Assim, podemos afirmar que o solo, é muito significativo na vida do ser humano, sendo utilizados por todos, mesmo que indiretamente, como por exemplo: o chão que pisamos, o uso na agricultura; o uso na construção civil; em pavimentações; em fabricação de pigmentos e em diversas outras atividades (Espindola, 2018).

Devido ao seu uso e sua extensa versatilidade, o solo tem sido objeto de estudo por longos séculos. Entretanto, aparece nas ciências clássicas e naturais como conteúdo secundário, sem uma sistematização que o diferenciasse como uma ciência específica (Kampf e Curi, 2015; Espindola, 2018).

Ao longo da história, os estudos direcionados ao solo foram desenvolvidos a partir de diferentes paradigmas, e em diferentes contextos, resultando em quatro conceitos básicos, a saber: o solo como meio para o crescimento e desenvolvimento das plantas; o solo como regolito; o solo como corpo natural organizado; e o solo como sistema aberto (Kampf e Curi, 2015). A seguir, serão abordados separadamente cada um desses conceitos.

O primeiro, coloca a finalidade do solo como produção vegetal, este modelo é corrente ainda hoje, principalmente no meio agrícola. Acredita-se que este conceito tenha se originado no momento em que a humanidade passou da fase nômade e caçadora, para a fase de cultivo de plantas, onde daí, foram sendo desenvolvidas as comunidades agrícolas (Lepsch, 2011). Esse processo de diagnóstico do solo para o cultivo, provavelmente foi por tentativa e erro, pois as comunidades ainda não possuíam conhecimento da parte interna do solo, mas nas experiências adquiridas em determinadas áreas, que eram passadas de geração para geração (Kampf e Curi, 2015).

Já o segundo conceito, possui predominância entre os geólogos e engenheiros, que o visualizam o solo como: “um material solto, inconsolidado, na superfície terrestre, originado pelo intemperismo das rochas no local ou transportado” (Primavesi, 1979; Kampf e Curi, 2015). Esse conceito desenvolveu-se no final do século XVIII com a ciência da Geologia, quando os profissionais da área começaram a aplicar técnicas de campo aos solos. Como esses profissionais também se dedicavam na utilização agrícola, foi desenvolvida a ciência da Agroecologia ou Geologia Agrícola, que consideravam o material geológico como o principal fator condicionante na formação e comportamento agrícola dos diferentes solos, o que contribuiu para o desenvolvimento das primeiras classificações de solos, os quais eram dados de acordo com seu material de origem (Espindola, 2018).

Deste modo, com a necessidade de uma especificação sobre o estudo dos solos, o alemão Fallou (1862) defende que o termo *pedologia* “representava a soma de conhecimentos resultantes da observação e exame do solo de maneira ordenada, dotada de um plano consequente na apresentação dos dados, de modo sintético e coerente distinto do usual (Fallou, 1862 *apud* Espindola, 2014), o qual foi reconhecido até a primeira metade do século XX. Neste aspecto, a preocupação da pedologia com o transporte de água e contaminantes da superfície do solo aos aquíferos estimulou a ampliação dos estudos de forma a incluir as propriedades da porção do regolito (Cremeens et al., 1994 apud Kampf e Curi, 2015).

O terceiro conceito, apresenta o solo como corpo natural organizado, isso surgiu na segunda metade do século XIX, após diversos avanços do conhecimento nas ciências (Buol, S.W. et al, 1973 apud Reichert,J.M. et al, 2009). O desenvolvimento deste conceito, se deu a partir de um financiamento pela Sociedade Imperial de Economia Livre (SIEL) em 1876 na Rússia tzarista, o qual foi coordenado pelo russo Vasilii Vacilevich Dokuchaev (1846-1903). O objetivo desse estudo, seria a avaliação das terras e o desenvolvimento da agricultura, que ao longo das investigações do solo estimulou Dokuchaev a desenvolver um modelo que explicasse as relações entre os fatores ambientais e a distribuição geográfica dos diferentes tipos de solos.

Dokuchaev aplicou seu conhecimento de estratigrafia à descrição dos solos, identificando a sucessão vertical das diferentes camadas na forma de horizontes (Kampf e Curi, 2015). Deste modo, surgiu uma nova visão de solo, que iria para além de uma

camada arável, elaborando a concepção dos cinco fatores de formação, sendo eles: material de origem; clima; vegetação; relevo; e tempo, que cuja combinação permitiria identificar quais solos ocorrem em determinada área/região (Dokuchaev, 1883; Hilgard, 1833-1916). A partir da concepção dos cinco fatores desenvolve-se sua primeira equação, formulada por Shaw (1930) como: $S=M(C+V)^T + D$, em que S= solo, M=material de origem, C=fator climático, V=organismos vivos, T= tempo e D= modificação do solo por erosão e deposição. Que posteriormente foi reescrita por Jenny (1941) ficando da seguinte forma: S ou s = f (c, o, r, mo, t…), onde: f= função, S=solo; c=clima; o=organismos; r=relevo; mo=material de origem e t= tempo.

O quarto conceito básico citado por Kampf e Curi (2015), é: "o solo como sistema aberto". Este conceito é baseado na teoria de sistemas proposto por Ludwig von Bertalanffy (1968), que propõe uma visão holística (do grego, *holos* = totalidade) e ecológica, em que:

> A maneira como as partes estão integradas no todo é mais importante do que as partes isoladas, constituindo uma mudança da concepção mecanicista baseada na decomposição de objetos em seus componentes interdependentes, que atuam integradamente, de maneira que a alteração de um componente modifica os demais. (Bertalanffy, 1968 *apud in* Kampf e Curi, 2015).

Assim, como os demais sistemas, os solos são sistemas abertos complexos, onde há trocas de energia e matéria com sua circunvizinhança (Dijkerman, 1974; Smeck et al., 1983 apud Kampf e Curi, 2015), fazendo com que os solos se formem e evoluam continuamente, em velocidades e vias distintas. Deste modo, o solo constitui um sistema dinâmico, que é constantemente perturbado por forças internas e externas, e a alteração de um sistema, seja ele, na biosfera, litosfera, hidrosfera ou atmosfera, poderá alterar os demais, em nível inferior ou superior, que, consequentemente, alterará a formação do solo (Kampf e Curi, 2015).

Após diversos estudos e conceituações referentes aos solos, os quais foram desenvolvidos em diferentes contextos, o conceito atual no Brasil é:

> Os solos são uma coleção de corpos naturais, constituídos estes de partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, formadas por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto

> superficial das extensões continentais do nosso planeta, que contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, ter sido modificados por interferências antrópicas. (Embrapa, 2025).

4.2 Gênesis e Formação do solo

Os solos são recursos essenciais para o desenvolvimento da vida terrestre (SANTOS *et al*., 2023), resultantes de diversos processos que ocorrem no espaço e ao longo do tempo, sendo influenciados por fatores como o relevo (LEPSCH, 2010; SANTOS e*t al.,* 2023; IBGE, 2015).

O reconhecimento do solo como um corpo natural distinto iniciou-se com os estudos de Dokuchaev (1846–1903), que demonstrou que o solo não é apenas um amontoado de materiais não consolidados, mas o resultado de uma complexa interação entre fatores genéticos (IBGE, 2015). Posteriormente, autores como Shaw (1930) e Jenny (1941) aprofundaram essas ideias ao identificarem cinco fatores principais de formação dos solos, sendo eles: clima, organismos, relevo, material de origem e tempo.

Em decorrência deste avanço e diante da necessidade de aprofundar os estudos sobre os solos, surge a pedologia em 1893 (Espíndola, 2018), ciência esta que se dedica ao estudo de gênese, morfologia e formação dos solos (Pereira, et al., 2019). Dentro desta ciência, denomina-se como pedogênese o processo de gênese e formação dos solos, que ocorre quando as modificações do material de origem ocorrem para além das alterações químicas e físicas, sendo sobretudo modificações estruturais e mineralógicas (adição, remoção ou perda, transformação e translocação) (Muglle r, et.al, 2005).

Assim, a partir dessa reorganização e transferência dos minerais formadores dos solos, que irá ocorrer o processo de gênese dos solos (TEIXEIRA, W. et al. *apud*. Toledo, 2009). A compreensão desse processo é essencial para a análise posterior da função e da influência exercidas por cada um dos fatores de formação dos solos, anteriormente citados e que serão desenvolvidos nos parágrafos seguintes.

A equação dos fatores de formação dos solos proposta por Jenny (1941) possibilitou o melhor entendimento da influência de cada um deles, permitindo que se isole quatro fatores e se trabalhe com a variabilidade de apenas um, os chamados estudos em sequência (Pereira, et al., 2019). Esse entendimento permite compreender por que

ambientes com características tão semelhantes e próximas podem originar diferentes tipos de solo.

O fator clima, com seus elementos: temperatura e umidade, possuem direta influência no processo de desagregação e intemperismo do material de origem, e também, com a disponibilidade de água, por meio da precipitação, a qual determina a lixiviação e a velocidade das reações químicas no solo. Deste modo, quanto mais quente e úmido for o clima, mais rápida e intensa será a decomposição das rochas (Lepsch,2010; Jenny, 1941; Brady e Weil, 2013; Resende et al., 2019).

Já os organismos vivos (plantas, animais e microrganismos) atuam na decomposição da matéria orgânica, que pode ser de natureza animal ou vegetal; na ciclagem de nutrientes e na formação da estrutura do solo, fator determinante para a melhor ou pior fertilidade dos solos. Além disso, são fundamentais para a diferenciação dos perfis, que podem ser diferenciados a partir de sua coloração, onde, horizontes mais escuros, possivelmente serão mais ricos em matéria orgânica, enquanto horizontes mais claros indicam deficiência deste componente (Lepsch, 2010; Kampf e Curi, 2012; Santos et al., 2018; Muggler et al., 2005).

Em sequência, tem-se o relevo, que define a posição do solo na paisagem, afetando drenagem, a erosão e a deposição de sedimentos. Encostas íngremes favorecem solos rasos, devido ao déficit de deposição e ao aumento da lixiviação, principalmente em eventos chuvosos. Por outro lado, as depressões permitem horizontes mais profundos, justamente por estarem associados a ambientes de menor energia, propícios à sedimentação de materiais oriundos das áreas a montante (Lepsch, 2010; Kämpf e Curi, 2012; Resende et al., 2019).

Outro fator de extrema importância é o material de origem, ou rocha matriz, que fornece os minerais e nutrientes disponíveis para o solo, influenciando suas propriedades químicas e físicas, as quais variam de acordo com as características do material que o originou (Muggler et al., 2005; Resende et al., 2019; Brady e Weil, 2013).

Por fim, o tempo permite que essas interações ocorram de forma contínua, resultando em diferentes tipos de solos, que variam conforme a intensidade de atuação dos demais fatores. Assim, pode-se afirmar que o processo de pedogênese é dinâmico, no qual clima, organismos, relevo, material de origem e tempo atuam de maneira integrada,

determinando a evolução e as propriedades dos solos em diferentes ambientes (Jenny, 1941; Lepsch, 2010; Resende et al., 2019).

4.3 Propriedades físicas

O solo é o resultado da ação pedogenética, que ocorre através dos fatores de formação, propostos por Jenny (1941), os quais são intensificados ou retardados pelas propriedades físicas às quais o solo está submetido, devido às suas características de ser um meio poroso, trifásico e não rígido, formado por partículas complexas que, quanto menores, maior será sua área superficial específica (Reinert; Reichert, 2006).

As propriedades físicas dos solos englobam aspectos essenciais, como a textura e distribuição granulométrica, estabilidade de agregados, porosidade, densidade, resistência à penetração, condutividade hidráulica e infiltração de água (EMBRAPA, 2026). Dentre essas propriedades, destacam-se, especialmente em ambientes tropicais, a textura e distribuição granulométrica, a densidade e a porosidade (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Lepsch, 2011).

Essas propriedades físicas contribuem para a organização estrutural do solo, a qual pode ser compreendida a partir da superfície específica das partículas, definida como a relação entre o tamanho das partículas e a natureza mineralógica da fração argila (Pérez, 2017). Nesse contexto, substâncias húmicas e argilas de alta atividade apresentam maior superfície específica, seguidas pela caulinita e, posteriormente, pelos óxidos de ferro, que apresentam menor área superficial.

Em solos tropicais, a fração argila é predominantemente constituída por argilominerais do tipo caulinita e por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, os quais conferem maior estabilidade estrutural ao solo, porém, com menor capacidade de troca catiônica quando comparados a argilas de alta atividade (Zorzi, 2008; EMBRAPA, 2010).

De modo geral, quanto menor a granulometria das partículas, maior será sua área superficial específica (Reinert; Reichert, 2006), o que favorece não apenas a retenção de água, mas também o aumento da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), que corresponde à habilidade do solo em reter e trocar cátions presentes na solução do solo, como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^{+}) e sódio (Na^{+}).

Essa capacidade está diretamente relacionada à presença de cargas elétricas na superfície das partículas do solo, as quais podem ser classificadas em cargas permanentes e cargas variáveis. As cargas permanentes são originadas por substituições isomórficas na estrutura dos argilominerais e não sofrem variação com o pH, enquanto as cargas variáveis dependem da dissociação ou associação de prótons (H^+), sendo influenciadas pelas condições químicas do meio (Uehara, 1981; Silva; Chaves; Lima, 2009).

Dessa forma, solos com maior teor de argila tendem a apresentar maior capacidade de retenção hídrica, por meio das forças capilares, e maior potencial de adsorção de nutrientes, contribuindo para o potencial matricial do solo, que interfere nos fluxos hídricos, tanto nos movimentos ascendentes (evaporação, absorção pelas raízes e transpiração) quanto nos movimentos descendentes (infiltração e drenagem) (Coelho Filho *et al.,* 2011). Entretanto, em determinadas condições, esses solos podem apresentar maior suscetibilidade a processos erosivos, especialmente em regiões de clima tropical, onde períodos de chuvas intensas alternam-se com estações secas, favorecendo processos de expansão e contração e, como consequência, o desenvolvimento de feições erosivas, como ravinas.

Já a densidade do solo mede a relação entre a massa seca do solo e o volume que inclui tanto as partículas quanto os poros (Pereira, 2024; Lepsch, 2011; Ribeiro *et al*., 2007). Uma densidade elevada indica compactação, o que reduz a capacidade de aeração (entrada de O_2 e saída de CO_2) e drenagem do solo (capacidade de remoção de excesso de água), consequentemente diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes.

Esse processo pode acarretar o aumento da resistência à penetração das raízes das plantas, comprometendo o desenvolvimento da vegetação e a qualidade estrutural do solo. Além disso, solos compactados tendem a apresentar maior suscetibilidade a processos de degradação de sua estrutura (Silva; Cabeda, 2006), resultando em processos de lixiviação de nutrientes e na consequente baixa fertilidade natural.

Relacionada à densidade, a porosidade do solo refere-se à proporção de espaços vazios existentes entre as partículas sólidas que compõem sua estrutura. Esses poros podem ser preenchidos por água ou ar e desempenham papel fundamental na circulação de fluidos e gases no interior do solo, influenciando diretamente processos como infiltração de água, retenção hídrica e aeração do sistema radicular (Guerra, 2001). De

modo geral, a porosidade apresenta relação inversa com a densidade do solo (Ribeiro *et al.,* 2007), de modo que solos mais compactados tendem a apresentar menor volume de poros.

Assim, a redução da porosidade pode comprometer a dinâmica hídrica e gasosa do solo, afetando tanto a atividade biológica quanto o desenvolvimento das plantas (Letey, 1985 *apud* Santos *et al*., 2013), o que ocorre predominantemente em solos minerais (Lepsch, 2011), especialmente com o aumento da profundidade do perfil, em decorrência da pressão exercida pelas camadas superiores (Kiehl, 1979).

4.4 Solo de regiões tropicais

Conforme apresentado por Mirabelli e Yonemoto (1980), o Brasil apresenta diversos tipos climáticos, os quais possuem ritmos e tempos característicos, associados à atuação das massas de ar e das frentes que incidem sobre essa porção da América do Sul. Neste trabalho, os estudos serão direcionados ao clima tropical, cuja área de ocorrência localiza-se, no distrito de Cláudio Manuel (Mariana/MG) na coordenada 23K 687786 E 7763750 S.

Como amplamente discutido na literatura, o clima constitui um dos principais fatores genéticos de formação dos solos (Jenny, 1941; Muggler *et al.,* 2005; IBGE, 2015), o qual exerce direta influência sobre a intensidade dos processos pedogenéticos. Isso ocorre porque o clima, a partir de seus elementos constituintes, como a temperatura, umidade e precipitação, irá atuar sobre diferentes unidades litológicas, as quais reagirão de diferentes maneiras, de acordo com suas características.

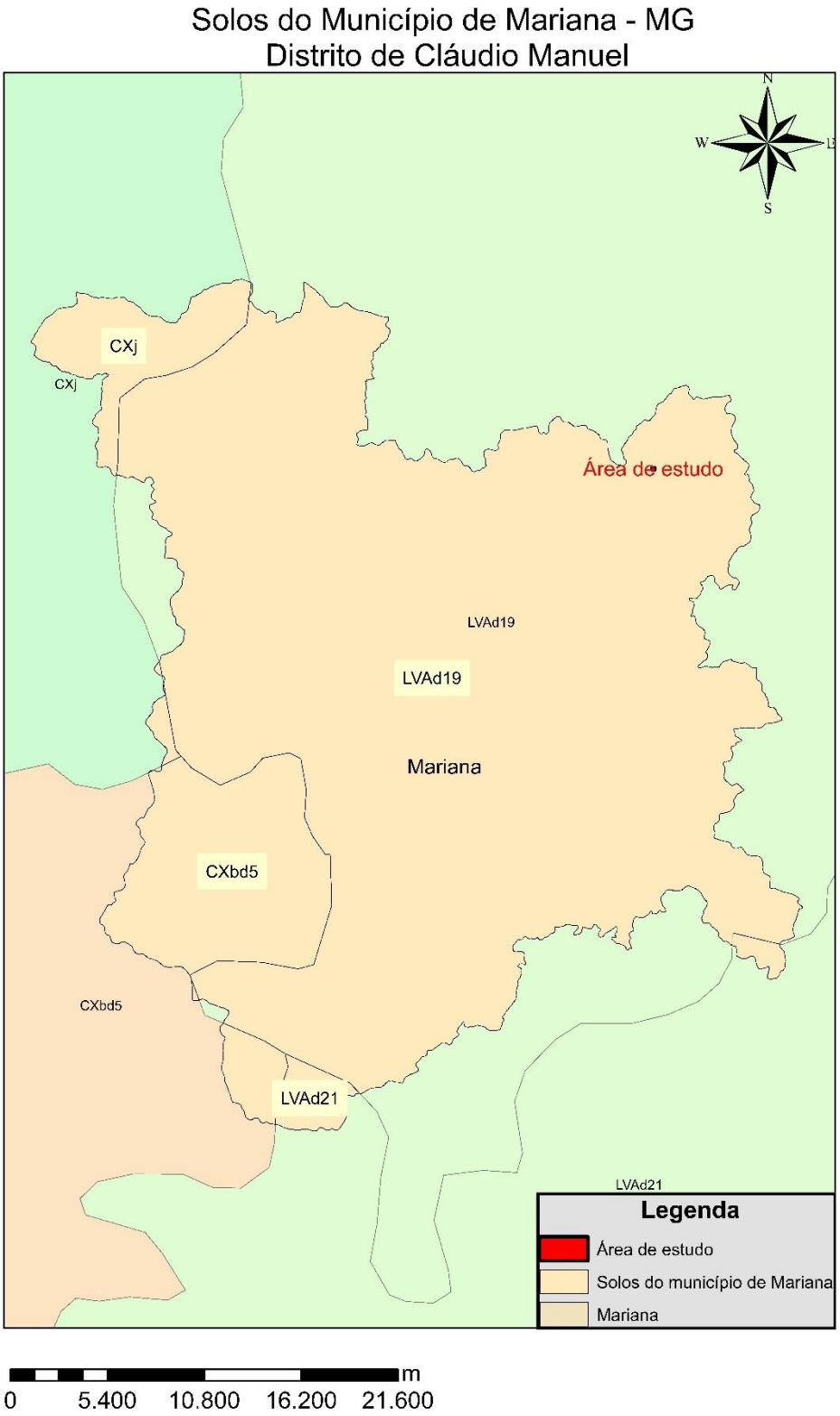
Isso ocorre, pois, a temperatura influencia nos processos de desagregação e intemperismo do material de origem, a partir dos processos de dilatação e retração da rocha, que ocorrem em decorrência das alterações de temperaturas (aumento e queda). Enquanto a umidade e a precipitação controlam a disponibilidade de água no solo, determinando a intensidade da lixiviação, ou seja, da dissolução e transporte de nutrientes solúveis e minerais para camadas mais profundas dos solos, deste modo, sendo determinantes ao longo de todo o processo de pedogênese (Lepsch, 2010; Jenny, 1941; Brady e Weil, 2013; Resende *et al*., 2019).

Esses processos são intensificados em regiões tropicais, caracterizadas pela sazonalidade climática, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (ABREU, 1998). Nessas condições, a atuação do intemperismo químico e do regime hídrico pode favorecer a erosão geoquímica, associada, entre outros fatores, à destruição das ligações entre argilas e óxidos e hidróxidos de ferro (ROSOLEN, 2012). Além disso, a interação entre clima, material de origem e demais fatores de formação contribui para a diversidade e a complexidade dos solos desenvolvidos em regiões de clima quente e úmido.

Em função dessas condições climáticas, observa-se a formação de diferentes classes de solos em uma mesma região, podendo ocorrer também a formação de diferentes subordens de solos de uma mesma classe. Na região Sudeste, predominam os Latossolos, podendo variar em Latossolos vermelhos; Latossolo roxo; Latossolo vermelho-escuro; Latossolo bruno e Latossolos vermelho-amarelos (Ker, 1997) e também dos Argissolos e Cambissolos (Embrapa, 2002).

Nesse contexto, o município de Mariana - MG, localizado na porção sudeste do estado de Minas Gerais, apresenta expressiva ocorrência de Latossolos e Cambissolos. Em uma escala de análise mais detalhada, observa-se que o distrito de Cláudio Manuel apresenta predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd19) (Figura 1). Os Latossolos são solos constituídos por material mineral e caracterizados pela presença de horizonte B latossólico, geralmente profundos e altamente intemperizados, com predomínio de minerais secundários mais estáveis e baixa atividade da fração argila. Os Latossolos Vermelho-Amarelos distinguem-se pela coloração vermelho-amarelada ou amarelo-avermelhada do horizonte B, enquanto o caráter distrófico está relacionado à baixa saturação por bases e, consequentemente, à baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2025). Essas características estão associadas ao intenso intemperismo químico predominante em ambientes tropicais.

Figura 1: Classificação dos solos



Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

4.5 Relação Solo Paisagem

A relação solo-paisagem constitui um aspecto fundamental para a compreensão da distribuição dos solos na superfície terrestre, visto que atributos topográficos como declividade, altitude e curvatura influenciam diretamente os processos pedogenéticos e a ocorrência dos diferentes tipos de solos nas paisagens (Campos *et al.,* 2006; Campos, 2012). Em áreas com maiores declividades e curvaturas mais acentuadas, os solos tendem a apresentar menor profundidade, uma vez que estão mais expostos à atuação de processos intempéricos e erosivos, como a ação da chuva e do vento, o que favorece a remoção de partículas e a perda de sedimentos (Lepsch, 2011).

Por outro lado, áreas com menores declividades, como os sopés de vertentes, caracterizam-se por ambientes de menor energia geomorfológica, favorecendo a deposição e o acúmulo de materiais transportados ao longo da vertente. Nesses locais observa-se maior potencial de desenvolvimento pedogenético e, frequentemente, a formação de solos mais profundos, associados a depósitos coluvionares (Schoorl et al., 2002).

Essas variações na distribuição dos solos ao longo da vertente podem ser interpretadas por meio do conceito de catena, proposto por George Milne, que descreve a sequência de diferentes solos associados às variações topográficas e hidrológicas de uma mesma paisagem (Milne, 1935).

Nesse contexto, a paisagem representa a integração entre diferentes fatores de formação dos solos, como o relevo, o clima e a cobertura vegetal, os quais atuam conjuntamente no controle dos processos pedogenéticos e geomorfológicos, conforme discutido por Jenny (1941). Em regiões de clima tropical, caracterizadas pela presença de duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca (Abreu, 1998), a dinâmica hídrica exerce forte influência sobre a evolução da paisagem e sobre o desenvolvimento dos solos.

Durante o período chuvoso, a elevada intensidade das precipitações favorece o aumento do escoamento superficial e a mobilização de partículas do solo, especialmente em áreas com declividades mais acentuadas e cobertura vegetal reduzida. Já no período seco, a diminuição da umidade do solo pode provocar retrações estruturais e redução da

cobertura vegetal, tornando o solo mais suscetível à ação erosiva quando as chuvas retornam (Lepsch, 2011).

A vegetação, por sua vez, exerce papel fundamental na proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, processo denominado erosão por *splash*, contribuindo para a estabilidade estrutural do solo, para a manutenção da matéria orgânica e para a redução do escoamento superficial (Rossi e Queiroz Neto, 2001).

Entretanto, em áreas onde ocorre a remoção ou a redução dessa cobertura vegetal, os processos erosivos tendem a se intensificar, podendo culminar na formação de feições erosivas mais severas, como ravinas e voçorocas. Dessa forma, a ocorrência de voçorocamento está frequentemente associada à interação entre características do relevo, condições climáticas e alterações na cobertura vegetal, fatores que favorecem a concentração do fluxo de água e a remoção progressiva de partículas do solo.

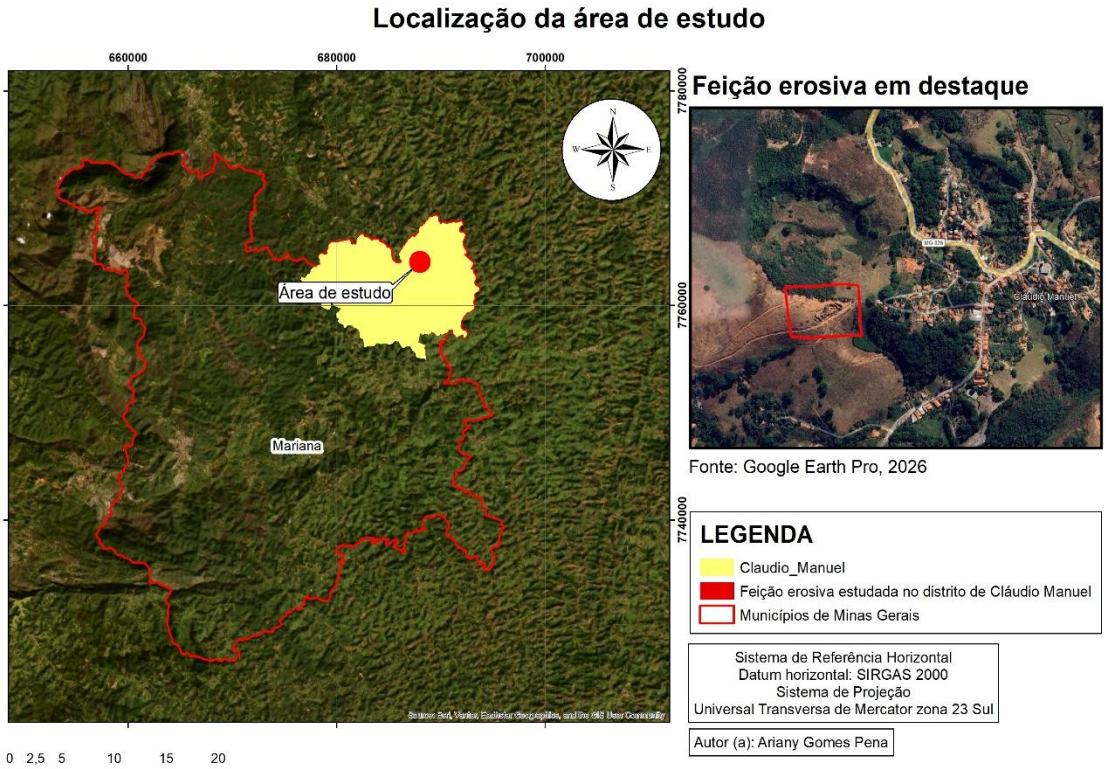
Esses processos modificam a morfologia da paisagem e influenciam a distribuição e as propriedades dos solos ao longo das vertentes. Nesse sentido, estudos que consideram as relações solo-paisagem em diferentes contextos geológicos e morfológicos tornam-se fundamentais para o entendimento da variação dos atributos dos solos (Campos *et al.,* 2007).

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1 Área de estudo

A área de estudo, se localiza em Cláudio Manuel, distrito pertencente ao município de Mariana, no interior de Minas Gerais (Figura 2). O mesmo fica a aproximadamente 46 km do centro histórico de Mariana e, segundo IBGE (2022), possuía 1.006 habitantes.

Figura 2

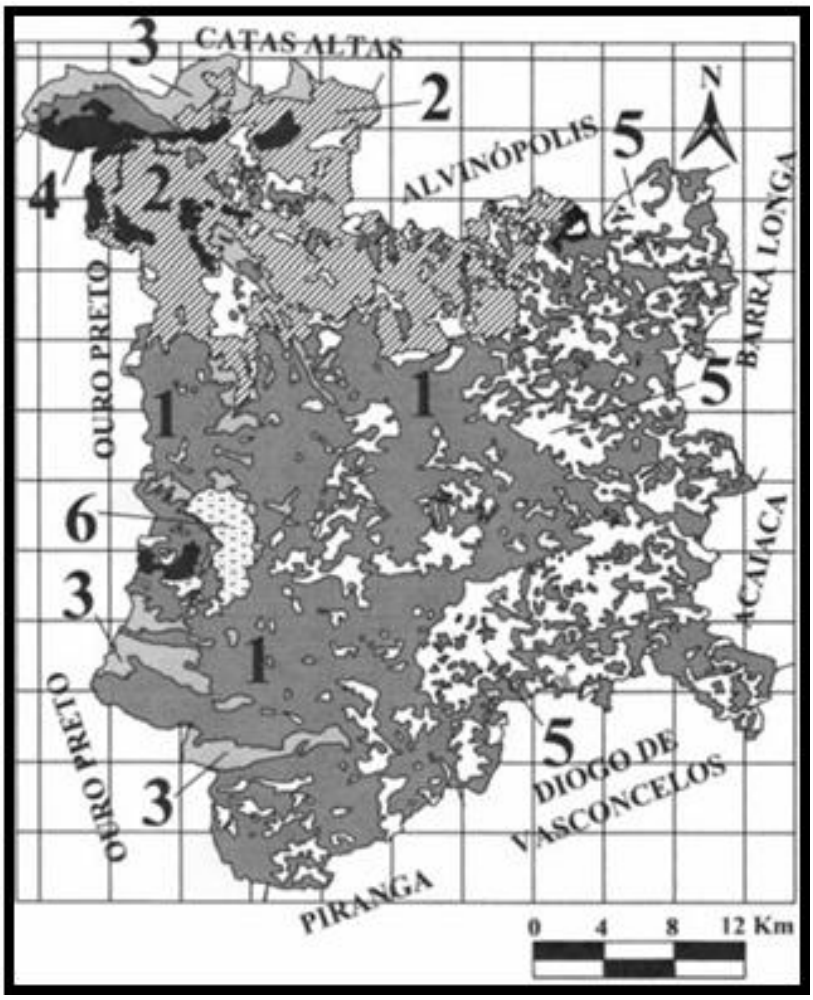


Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

5.2 Vegetação regional

A área de estudo, localizada no município de Mariana, insere-se no domínio morfoclimático dos Mares de Morros, o qual há predominância da cobertura vegetal de Mata Atlântica. A partir da análise de imagens de satélite, elaboração de mosaicos e atividades em campo, realizados por Souza *et al* (2005), foi elaborado um mapa de cobertura vegetal do município de Mariana, no qual, foi obtido quatro unidades vegetacionais principais (Figura 3), sendo elas: campos rupestres de altitude; matas de topo, galeria e de encosta; áreas de campos e pastagens; e área de silvicultura.

Figura 3:Mapa de cobertura vegetal do Município de Mariana (MG)



Legenda:

1 – Matas de topo, encosta e galeria (cinza escuro)

2 – Silvicultura (hachura/listra)

3 – Campos rupestres de altitude (cinza claro)

4 – Áreas de mineração (preto)

5 – Campos e pastagens (sem cor)

6 – Aglomerações urbanas (hachura/pontos)

Fonte: Adaptado de Souza *et al* (2005).

A cobertura vegetal exerce papel fundamental na proteção dos solos e na manutenção da estabilidade geomorfológica das vertentes, uma vez que atua na interceptação das águas pluviais, na redução do escoamento superficial e na fixação das partículas do solo por meio do sistema radicular (Guerra, 2001; Bertoni; Lombardi Neto, 1999). Entretanto, ao longo do processo de ocupação territorial do município de Mariana, grande parte da cobertura original de Mata Atlântica foi substituída por áreas de pastagem e silvicultura, modificando significativamente a dinâmica natural da paisagem.

A implantação de pastagens, frequentemente associadas ao cultivo de braquiária e à atividade pecuária, favorece a compactação superficial do solo em decorrência do pisoteio animal, reduzindo a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial. Nessas condições, há intensificação dos processos erosivos, especialmente em áreas de

relevo dissecado e declividades acentuadas, favorecendo a formação de ravinas e voçorocas (Guerra, 2001; Lepsch, 2011).

5.3 Caracterização do clima regional

O estado de Minas Gerais está inserido predominantemente no domínio do clima tropical de altitude. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, originalmente proposta por Wladimir Köppen (1940) e posteriormente atualizada por Peel *et al*. (2007), o distrito de Cláudio Manoel, pertencente ao município de Mariana (MG), apresenta clima do tipo Cwa (CLIMATE-DATA, 2026).

O município de Mariana apresenta duas estações climáticas bem definidas ao longo do ano, sendo uma quente e chuvosa e outra mais seca e fria. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.804 mm, com maior concentração das chuvas durante o verão e redução significativa nos meses de inverno. A temperatura média anual é de aproximadamente 19,7 °C, características que estão de acordo com o clima Cwa identificado para a região (CLIMATE-DATA, 2026).

Conforme discutido por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima pode ser analisado em diferentes escalas: macro, meso e microclimática, sendo que fatores locais, como relevo, altitude e cobertura vegetal, exercem influência direta na organização dos campos térmicos e na distribuição das precipitações. Em regiões tropicais, as variações altimétricas condicionam a formação de microclimas, promovendo diferenciações climáticas em áreas relativamente próximas, o que repercute diretamente nos processos pedogenéticos e na dinâmica de intemperismo dos solos.

Em regiões de clima tropical de altitude, a sazonalidade climática apresenta-se de forma bem definida, com verões quentes e chuvosos e invernos mais secos e amenos (Nimer, 1989; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Essa alternância entre períodos úmidos e secos influencia diretamente a dinâmica hídrica dos solos, condicionando processos como infiltração, escoamento superficial e armazenamento de água no perfil. Durante os períodos chuvosos, o aumento da precipitação favorece a intensificação do intemperismo químico e da lixiviação de nutrientes, enquanto nos períodos secos ocorre maior perda de umidade do solo, podendo resultar em retrações estruturais e redução da cobertura vegetal, tornando os solos mais suscetíveis aos processos erosivos (Lepsch, 2011).

Associado às condições climáticas, o relevo exerce importante influência sobre a distribuição da água na paisagem e sobre a intensidade dos processos geomorfológicos atuantes. Em áreas de maior declividade, comuns em regiões de relevo dissecado, as chuvas intensas favorecem o aumento do escoamento superficial, promovendo a remoção de partículas do solo e o transporte de sedimentos ao longo das vertentes (Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Guerra, 2001). Nessas condições, a concentração do fluxo hídrico pode desencadear processos erosivos lineares, como ravinas e voçorocas, especialmente em áreas onde a cobertura vegetal encontra-se reduzida ou degradada. Dessa forma, o clima tropical atua como importante agente intensificador dos processos erosivos e das transformações da paisagem.

A atuação contínua das elevadas temperaturas e da umidade em ambientes tropicais favorece o desenvolvimento de solos profundamente intemperizados, marcados pela intensa alteração mineralógica e pela remoção de bases do perfil do solo (Lepsch, 2011; EMBRAPA, 2025). Como consequência, observa-se a predominância de minerais secundários, como caulinita e óxidos de ferro e alumínio, características típicas de solos tropicais altamente evoluídos. Nesse contexto, o clima desempenha papel fundamental nos processos pedogenéticos, controlando não apenas a intensidade do intemperismo, mas também aspectos relacionados à fertilidade, estrutura e dinâmica química dos solos, influenciando diretamente sua distribuição ao longo da paisagem.

5.4 Hidrologia

O Município de Mariana (MG) está inserido regionalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, a qual possui uma área de drenagem de 84 mil km², onde 86% se localiza no Estado de Minas Gerais e 14% no Estado do Espírito Santo (ANA, 2016). Souza *et al* (2015) realizaram uma setorização desta bacia dentro dos limites do Município, onde foram delimitadas sete bacias/sub-bacias, as quais foram nomeadas de acordo com seu curso principal. As bacias hidrográficas foram organizadas de forma hierárquica, ficando da seguinte forma: Rio Gualaxo do Norte; Rio Gualaxo do Sul e Rio Ribeirão do Carmo. E como sub-bacias hidrográficas foram definidas: Ribeirão do Caraça (sub-bacia do Rio Piracicaba); Ribeirão Cachoeira do Brumado (sub-bacia do Gualaxo do Sul); Córrego Águas Claras (sub-bacia do Gualaxo do Norte) e Ribeirões Boa Vista/Paciência (sub-bacia do Gualaxo do Norte). Assim, o distrito de Cláudio Manoel, está inserido nas

planícies formadas ao longo do Ribeirão Águas Claras e Córrego do Trigo, respectivamente.

Em regiões de clima tropical, onde é caracterizada pela concentração de precipitações no período de verão, a dinâmica hídrica torna-se mais intensa, influenciando sobre os processos geomorfológicos e pedogenéticos da paisagem. Isso ocorre, pois, durante os períodos chuvosos, há um aumento do escoamento superficial, favorecendo o transporte de sedimentos ao longo das vertentes, principalmente em áreas de relevos dissecados e com elevadas declividades. (Guerra, 1996)

Esses fatores contribuem para a intensificação de processos erosivos lineares, sobretudo em locais onde há reduzida cobertura vegetal, ocorrendo uma maior concentração do fluxo hídrico, favorecendo a formação de sulcos, que com o tempo evolui para ravinas e até mesmo voçorocas. Deste modo resultando em perda da fertilidade natural dos solos, alterações na dinâmica pedológica e geomorfológica da paisagem, além do impacto da perda de solo para o proprietário da área (Pereira, 2020).

5.5 Geologia

O município de Mariana está inserido no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero (QF), em sua porção sudeste, caracterizado por uma complexa associação de rochas de diferentes idades e origens, estruturadas por eventos tectônicos sucessivos que ocorreram desde o Arqueano até o Cenozoico (Endo *et al.*, 2020). A litoestratigrafia adotada neste trabalho segue o Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, na escala 1:150.000 (Endo *et al.*, 2019a), e sua síntese (Endo *et al.*, 2020), que atualizam a subdivisão estabelecida por Dorr (1969), enquanto a distribuição das unidades no município foi detalhada por Baltazar *et al.* (2005). Em Mariana ocorrem os complexos metamórficos Santo Antônio do Pirapetinga e Mantiqueira, os supergrupos Rio das Velhas, Minas e Estrada Real, suítes intrusivas máficas e ultramáficas e coberturas cenozoicas.

O Complexo Metamórfico Santo Antônio do Pirapetinga é composto por ortognaisses tonalítico-trondhjemíticos, talco-clorita xistos, serpentinitos e metabasitos, aflorando nas porções nordeste e sul do município (Baltazar *et al.*, 2005). Seus gnaisses têm afinidade tonalítica-trondhjemítica, característica de rochas arqueanas (Roeser, 1977 *apud* Nalini Júnior *et al.*, 2020).

O Complexo Mantiqueira integra o embasamento do Orógeno Araçuaí, com caráter autóctone a para-autóctone, e é composto predominantemente por ortognaisses bandados, cuja cristalização magmática ocorreu no intervalo de 2180 a 2041 Ma (Paleoproterozoico), em arco magmático continental desenvolvido sobre a margem do paleocontinente São Francisco (Noce *et al.*, 2007). O litotipo predominante é o biotita-anfibólio ortognaisse bandado de composição tonalítica a granítica, com lentes, boudins e camadas concordantes de anfibolito frequentes. Destaca-se a alternância de bandas félsicas e máficas, com espessura centimétrica a decimétrica, e são comuns estruturas migmatíticas do tipo *schlieren*, dobrada e estromática (Noce *et al.*, 2007). No município, esses gnaisses participam da estruturação do Anticlinal de Mariana (Endo *et al.*, 2020).

O Supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, constitui uma sequência do tipo *greenstone belt* que se subdivide, da base para o topo, nos grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné (Endo *et al.*, 2019a, 2020). O Grupo Quebra Osso, formado por rochas metavulcânicas máfico-ultramáficas e félsicas (Endo *et al.*, 2020), é seguido pelo Grupo Nova Lima, constituído principalmente por intercalações de rochas de origem sedimentar e vulcânica transformadas, por forte deformação cisalhante e ação hidrotermal, em xistos, xistos cloríticos e filitos (Endo *et al.*, 2020). Em Mariana, o Grupo Nova Lima indiviso ocorre de forma expressiva, sendo composto por xistos verdes metassedimentares e metavulcânicos com intercalações de filito, quartzito e formação ferrífera, além da Unidade Córrego da Paina, representada por metaturbiditos distais de composição quartzito-mica-clorita xisto (Baltazar *et al.*, 2005). A Unidade Catarina Mendes, incluída por Baltazar *et al.* (2005) no Rio das Velhas, foi redefinida como Formação Catarina Mendes e posicionada no Supergrupo Estrada Real (Endo *et al.*, 2020).

O Grupo Maquiné, unidade molássica do topo do supergrupo, é constituído pelas formações Palmital (inferior) e Casa Forte (superior), com xistos, quartzitos e metaconglomerados de seixos de formação ferrífera e quartzo estirados (Endo *et al.*, 2020; Rossi, 2014). Em Mariana, está representado pelo Grupo Maquiné indiviso, composto por quartzito, conglomerado, filito quartzoso e filito, além das unidades Rio de Pedras, com quartzitos sericíticos e xistos carbonosos, e Capanema, representada por sericita xistos de granulação fina, interpretados como depósitos aluvial-fluviais (Baltazar *et al.*, 2005).

O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozoica, dispõe-se em discordância sobre o Supergrupo Rio das Velhas e é composto, da base para o topo, pelos grupos Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba (Dorr, 1969; Endo *et al.*, 2020). Em Mariana, suas rochas ocorrem no Sinclinal Dom Bosco, onde a sucessão se encontra em posição estratigráfica invertida (Endo *et al.*, 2020).

O Supergrupo Estrada Real, resultante da redefinição do antigo Grupo Sabará por Almeida *et al.* (2005), é composto pelos grupos Sabará e Itacolomi (Endo *et al.*, 2020). Em Mariana, a Formação Catarina Mendes, de biotita-quartzo xistos, quartzitos e filitos, aflora no núcleo do Anticlinal de Mariana, em uma janela estrutural cuja idade é estimada em 2114 ± 5 Ma (Freitas *et al.*, 2019 *apud* Endo *et al.*, 2020). A Formação Córrego do Germano, unidade basal do Grupo Sabará, é constituída essencialmente por formação ferrífera bandada granular e quartzitos ferruginosos, e foi descrita nas quadrículas de Ouro Preto e Mariana (Barbosa, 1969a, 1969b *apud* Endo *et al.*, 2020).

Na porção meridional da região, no domínio do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, concentra-se o maior número de corpos intrusivos máficos e ultramáficos posteriores ao Supergrupo Minas (Endo *et al.*, 2020). A Suíte Santa Rita de Ouro Preto é representada por um batólito na região de Santo Antônio do Pirapetinga, por *stocks* e por enxames de diques metaultramáficos de direção NW-SE, entre os quais predominam o esteatito (pedra-sabão) e o serpentinito, com relações de intrusão no Supergrupo Minas observadas em Santa Rita Durão, Fábrica Nova e Bento Rodrigues (Endo *et al.*, 2020). A Suíte Catas Altas da Noruega, posterior, forma diques máficos nos xistos cloríticos do Grupo Sabará e nos ortognaisses do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, com idade provável de 1714 ± 5 Ma (Silva *et al.*, 1995 *apud* Endo *et al.*, 2020).

As coberturas cenozoicas correspondem aos depósitos mais recentes da área, distribuídos principalmente ao longo dos fundos de vale e encostas. Em Mariana, estão representadas por depósitos aluvionares, compostos por areia, argila e cascalho ao longo dos principais rios, como o Gualaxo do Norte, o Gualaxo do Sul e o Rio do Carmo; por depósitos de tálus e colúvio, constituídos por fragmentos de rocha com solo resultantes de movimentos de massa nas encostas; por coberturas detrito-lateríticas, representadas por lateritas e detritos ferruginosos não cimentados; e por canga, correspondente a capeamentos limoníticos de composição ferruginosa (Baltazar *et al.*, 2005).

A estrutura tectônica de Mariana é marcada pela presença do Anticlinal Mariana (Júnior *et al.*, 1992), uma dobra aberta e normal com fechamento e caimento de eixo para sudeste, abrindo-se para noroeste onde se une ao Soerguimento Rio das Velhas. A sul, desenvolve-se o Sinclinal Dom Bosco, com eixo de direção leste-oeste (Dorr, 1969; Baltazar *et al.*, 2005), que constitui a estrutura mestra da Nappe Ouro Preto, pertencente ao Sistema de Nappes Ouro Preto, vergente para SSW (Endo *et al.*, 2020). O sistema de falhas é predominantemente compressional, destacando-se a Falha do Fundão, de direção norte-sul e pertencente ao Sistema Fundão-Cambotas, com transporte tectônico de leste para oeste; a Falha de Água Quente, conectada à Zona de Cisalhamento São Vicente, descolamento basal do Sistema de Nappes Ouro Preto (Endo *et al.*, 2020); e as falhas da Alegria e do Frazão, associadas ao mesmo sistema de empurrões. A Falha do Engenho, de caráter transcorrente dextral e direção leste-oeste, bordeja o flanco meridional do Sinclinal Dom Bosco (Baltazar *et al.*, 2005).

5.6 Geomorfologia

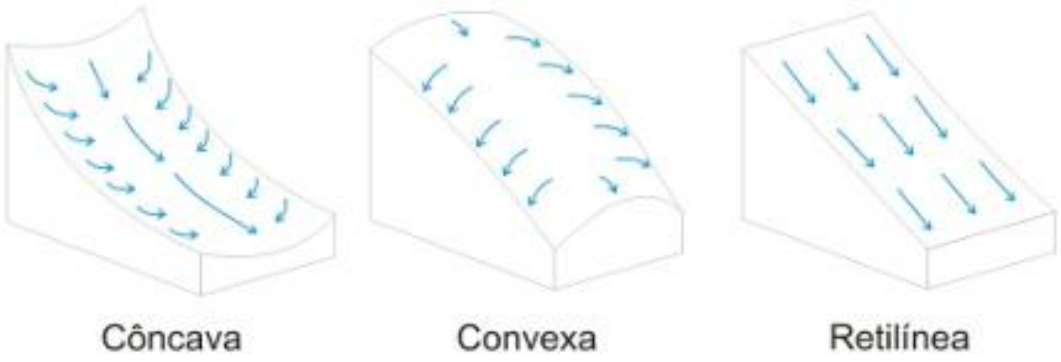
Levando em consideração a morfologia, amplitude e topos das vertentes e redes de drenagem, Souza *et al* (2015) conseguiram delimitar seis principais unidades do relevo, no município de Mariana (MG), os quais são: Relevo de Serra; Relevo Escarpado; Relevo Ondulado; Relevo Suave-Ondulado; Relevo de Planalto e por fim o Relevo de Planície Aluvial, que é a feição geomorfológica da referida área de estudo.

As planícies aluviais são zonas de aporte de materiais que são retirados dos relevos maiores, sendo representados por fundos de vales mais abertos. Possui altitudes inferiores a 600 m e representa a menor parte do município, sendo apenas 3,5% da sua área total. Essas características contribuíram para o desenvolvimento de muitos povoados, como os distritos de Bandeirantes; Monsenhor Horta; Mainart; Águas Claras; Cláudio Manuel e os sub-distritos de Paracatu e Pedras (Souza *et al*, 2015).

A forma do relevo influencia diretamente a intensificação ou atenuação da ocorrência de processos erosivos. Entre as principais formas de vertentes destacam-se as côncavas, convexas e retilíneas (Figura 4), cada uma apresentando comportamentos distintos em relação à dinâmica hídrica e ao transporte de sedimentos. As vertentes côncavas tendem a apresentar maior potencial para o desenvolvimento de processos erosivos, em razão da maior concentração do fluxo superficial da água, principalmente, em áreas onde há alteração da cobertura vegetal (vegetação nativa para áreas de pastagem, por exemplo). Entretanto, vertentes convexas e retilíneas também podem tornar-se

suscetíveis à erosão quando ocorre o rompimento do equilíbrio geomorfológico da vertente, favorecendo a concentração do escoamento superficial e a remoção progressiva de partículas do solo (Guerra, 1996; IBGE, 2009).

Figura 4: Formas de vertente



Fonte: Adaptado de Paula, 2010.

Em regiões de clima tropical, caracterizadas pela concentração das precipitações em determinados períodos do ano, a ação das chuvas intensas potencializa o escoamento superficial, aumentando a energia de transporte dos fluxos hídricos e favorecendo a remoção de partículas do solo, principalmente em áreas com maior declividade e reduzida proteção vegetal (Bastos *et al*, 2019; Lepsch, 2011).

Na área de estudo, localizada no distrito de Cláudio Manoel, município de Mariana (MG), a interação entre as características geomorfológicas locais, representadas pela ocorrência de relevo associado às planícies aluviais e pela dinâmica da rede de drenagem, a dinâmica das precipitações associadas ao clima tropical e as alterações da cobertura vegetal, especialmente pela substituição da vegetação nativa por áreas de pastagem, pode favorecer alterações na dinâmica hídrica superficial, contribuindo para o aumento da energia erosiva e da remoção de partículas do solo. Esses fatores atuam como importantes condicionantes para o desenvolvimento de feições erosivas lineares, que se iniciam pela formação de sulcos, podendo evoluir para ravinas e, em estágios mais avançados, originar voçorocas (Lepsch, 2011; Rossi e Queiroz Neto, 2001; Bastos *et al.,* 2019).

A área de estudo é formada pelo agrupamento de diferentes formas de vertente ao longo de sua encosta, o topo apresenta forma convexa, enquanto a porção a jusante, correspondente ao terço inferior, apresenta forma côncava (Figura 5).

Figura 5: Representação das formas de vertente na área de estudo



Fonte: Google Earth, 2026.

5.7 Voçorocas: caracterização e dinâmica erosiva

As encostas ou vertentes podem ser entendidas como toda superfície natural inclinada que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais (Cunha, 1991), as quais podem ser constituídas de maciços terrosos, rochosos ou mistos. Seu comportamento pode ser compreendido a partir da identificação de suas características geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas, as quais refletem a influência do material de origem, dos fatores de formação do solo e da dinâmica climática regional.

As vertentes são constituintes da paisagem e estão sujeitas a processos naturais superficiais, sendo eles: transporte de massa, que tem como meios transportadores, a água, o ar e o gelo. Em nossa realidade, predominam os processos transportados pela água, que se destacam em: erosão laminar; erosão em sulcos, ravinas e voçorocas. Além disso, as vertentes estão sujeitas a movimentos gravitacionais de massa, podendo ser

definidos em quatro categorias principais, sendo eles: rastejos; escorregamentos; quedas/tombamentos e corridas de massa, conforme apresentado por Cunha (1991).

Neste trabalho, serão abordados somente os processos transportados pela água, especificamente a erosão laminar; e as erosões em sulcos, ravinas e voçorocas, os quais estão geralmente associados aos solos arenosos e às cabeceiras dos cursos d'água de primeira ordem, conforme apresentado por Filizola, *et al* (2011). Antes de darmos prosseguimento nos conceitos, vale ressaltar que o processo de erosão dos solos é um fenômeno natural, principalmente em paisagens que possuem algum tipo de declividade, geralmente superior a 3º (Jorge e Guerra, 2014).

A erosão laminar ocorre quando o escoamento superficial se distribui de forma homogênea sobre a superfície do terreno, transportando partículas do solo sem formar canais definidos (Cunha, 1991). Esse escoamento e transporte, inicia-se quando a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo (Fullen e Catt, 2004 *apud* Jorge e Guerra, 2014). Deste modo, é considerada como uma das principais responsáveis pela maior produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica (Guerra et al., 1999).

Já os sulcos ocorrem devido à concentração do fluxo d'água em caminhos preferenciais, formando pequenas incisões na superfície do solo (Conciani, 2008; Salomão,1998; Cunha,1991), que segundo Carvalho et al., (2006 apud Ornelas et al., 2014), terá até 10 cm de profundidade.

Esses processos, ao longo do tempo, podem evoluir e adquirir a forma de ravinas, as quais se caracterizam pelo aumento das dimensões dos sulcos, (Conciani, 2008). O desenvolvimento gradativo dessas formas erosivas pode ser avaliado por meio da profundidade dos sulcos e da distância existente entre eles (Seixas, 1984). Para Carvalho et al., (2006 apud Ornelas *et al*., 2014), são consideradas ravinas, as feições que possuem entre 10 e 50 cm de profundidade, e Vieira (2008 apud Barbosa e Maia, 2020), já considera as feições com profundidades entre 50 cm e 1,5 m. Guerra (1999) *apud* Conciani (2008) afirma que, na maioria dos casos, as ravinas iniciam-se a certa distância do topo das encostas, local onde o escoamento superficial passa a se concentrar de forma canalizada. Entretanto, quando essas incisões ocorrem próximas à base das encostas, podem evoluir em direção ao topo da vertente (Conciani, 2008).

Geralmente locais onde há maior concentração de erosões lineares consistem em zonas de convergência dos fluxos superficiais e subterrâneos/subsuperficiais, especialmente quando localizados em cabeceiras de cursos d'água, favorecendo a interação sinérgica entre os processos causadores de incisões nas vertentes (Filizola et al., 2011). Conforme Poesen et al. (2003 *apud* Cardoso et al., 2022), as voçorocas se originam a partir da expansão dos canais erosivos resultantes da concentração do fluxo hídrico superficial.

Diferentemente das ravinas, as voçorocas apresentam dimensões mais profundas e avançadas, podendo atingir horizontes subsuperficiais do solo e, em alguns casos, alcançar o lençol freático ou o nível d'água do terreno (Filizola et al., 2011). Segundo Guerra (2011) e Oliveira (1999), as voçorocas apresentam dimensões tanto em largura, quanto em profundidade superiores a 50 cm e a largura podendo chegar até 30 m de comprimento. Já Vieira (2008 apud Barbosa e Maia, 2020), as define com dimensões de profundidade superiores a 1,5 m e largura superior a 3 m. Nessas situações, além do escoamento superficial, passam a atuar processos erosivos subterrâneos, como o *piping*, que provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando canais que evoluem de forma remontante e podem originar colapsos do terreno, alargando progressivamente a voçoroca (Salomão, 1999). Esse processo dificulta a estabilização natural da feição erosiva, ampliando continuamente suas dimensões (Oliveira, 1999).

A evolução dessas feições erosivas está diretamente relacionada aos fatores discutidos anteriormente neste trabalho, especialmente às características geomorfológicas, pedológicas e climáticas da área de estudo. Em regiões de clima tropical, marcadas pela concentração das precipitações no período de verão, as chuvas intensas potencializam o escoamento superficial e aumentam a energia erosiva da água. Associado a isso, formas de relevo com maiores declividades e vertentes côncavas favorecem a concentração do fluxo hídrico, contribuindo para o aprofundamento das incisões erosivas e para a remoção progressiva das partículas do solo (Guerra, 1996; Guerra, 2001; Cardoso e Pires, 2009; Bertoni e Lombardi Neto, 1999).

As propriedades físicas do solo também exercem importante influência nesse processo. Solos com elevada compactação e baixa porosidade apresentam menor capacidade de infiltração da água, favorecendo o aumento do escoamento superficial. A ausência ou redução da cobertura vegetal expõe diretamente o solo ao impacto das gotas

de chuva (*splash*), favorecendo a desagregação das partículas superficiais e intensificando os processos erosivos.

A substituição da vegetação nativa por áreas de pastagem reduz a proteção superficial do solo, favorecendo sua desagregação e transporte (Filizola *et al.,* 2011). Dessa forma, fatores como topografia, uso e ocupação do solo, cobertura vegetal e características físicas do meio influenciam diretamente a evolução dessas feições erosivas (Cunha, 1991; Rubira; Melo; Oliveira, 2016; Filizola *et al*., 2011).

Além dos fatores naturais, as ações antrópicas atuam como importantes aceleradores da evolução das voçorocas. O desmatamento, o manejo inadequado do solo, a abertura de estradas, o pisoteio do gado e a ausência de práticas conservacionistas contribuem significativamente para o desequilíbrio geomorfológico das vertentes (Guerra; Jorge, 2013). Nessas condições, ocorre maior concentração do fluxo hídrico superficial, favorecendo o desenvolvimento acelerado de sulcos, ravinas e voçorocas (Filizola *et al.,* 2011).

Na área de estudo, localizada no distrito de Cláudio Manoel, município de Mariana (MG), a interação entre a dinâmica das chuvas concentradas no verão, as características geomorfológicas locais e as alterações da cobertura vegetal favorecem a ocorrência de processos erosivos lineares. A substituição da vegetação nativa por áreas de pastagem, associada à dinâmica hídrica superficial, contribui para a remoção progressiva das partículas do solo, intensificando os processos erosivos e favorecendo a evolução de ravinas para voçorocas.

Dessa forma, as voçorocas representam não apenas uma feição erosiva avançada, mas também um importante indicativo de degradação ambiental e desequilíbrio da paisagem. Seus impactos incluem a perda de solo fértil, o assoreamento de cursos d'água e a contaminação dos recursos hídricos pelo carreamento de sedimentos (Bertoni e Lombardi Neto, 1999), além da instabilidade das vertentes e do comprometimento das atividades humanas e ambientais, tornando fundamental a adoção de práticas de manejo e conservação do solo capazes de minimizar sua evolução (Guerra e Jorge, 2013).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Seleção da área de interesse

A seleção da área de estudo foi realizada a partir de observações cotidianas da feição erosiva e de sua contínua evolução ao longo do tempo. A escolha foi motivada pelas relações entre os processos naturais e antrópicos e suas interações com as características do entorno, bem como pela relevância socioambiental da área para o distrito de Cláudio Manuel. A região abriga a nascente responsável pelo abastecimento hídrico local e a evolução da feição erosiva representa uma ameaça direta à caixa d'água de distribuição à população, tornando fundamental a investigação desse processo.

6.2 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica consiste no levantamento, seleção e análise crítica de produções científicas já publicadas sobre um determinado tema, constituindo uma etapa fundamental no desenvolvimento de qualquer trabalho acadêmico (Gil, 2002). Por meio dela, o pesquisador obtém o embasamento teórico necessário para compreender e/ou aprofundar seu conhecimento sobre determinado tema, além de contribuir para a identificação de possíveis lacunas existentes na literatura e estabelecer conexões entre os conceitos que fundamentam a pesquisa.

No contexto desta monografia, a revisão bibliográfica foi realizada a partir de consultas a livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos técnicos relacionados ao tema abordado, com ênfase nos processos erosivos lineares, nas características geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas da área de estudo. As fontes foram obtidas por meio de plataformas de acesso aberto, como o Google Acadêmico, o Portal de Periódicos da CAPES e repositórios institucionais de universidades brasileiras.

Essa etapa permitiu a contextualização da área de estudo e a fundamentação teórica para o desenvolvimento das análises realizadas ao longo do trabalho, conferindo maior rigor e credibilidade aos resultados obtidos

Durante o processo de elaboração desta monografia, também foram utilizadas ferramentas de inteligência artificial generativa, especificamente o *ChatGPT*, desenvolvido pela *OpenAI*, e o *Claude*, desenvolvido pela *Anthropic*, como recursos auxiliares na revisão textual, especialmente quanto à coesão e coerência, na organização

de parágrafos, na tradução de trechos em língua inglesa, no esclarecimento de conceitos a partir de textos previamente selecionados pela autora e na identificação inicial de referências bibliográficas relacionadas ao tema. As informações e referências utilizadas na pesquisa foram posteriormente verificadas e consultadas em suas fontes bibliográficas originais.

6.3 Trabalho de Campo

Conforme apresentado anteriormente, os solos são uma coleção de corpos naturais, com diferentes composições, os quais podem ser vegetados na natureza ou serem eventualmente modificados por interferências antrópicas (Embrapa, 2025). Estes, apresentam características externas e internas próprias, as quais, permitem inferências importantes sobre sua formação e comportamento (Santos *et al.* 2015).

Deste modo, a fim, de possibilitar o melhor entendimento e descrição do solo na área de estudo, foi definido a realização de análises de perfis do solo, a qual é feita por meio da descrição morfológica, que refere-se à descrição das propriedades detectadas pelos sentidos de visão e do tato, sendo eles: cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, transição entre horizontes e, ou, camadas, sendo realizado para cada horizonte ou camada individualmente, seguindo o registro metodizado pela SIBCS (2015), em seu Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. E a fim de complementar essa descrição e possibilitar o melhor entendimento das transformações ocorridas nos mesmos, foram realizadas coletas dos horizontes identificados durante a descrição morfológica, para que posteriormente fosse realizada a análise física em laboratório (Lima, Lima e Melo,2007; Santos *et al.* 2015).

Sabendo-se que o relevo tem grande influência no tipo de solo e é o principal controlador do tempo de exposição e nos fluxos hídricos (Oliveira, 2014), a seleção dos pontos de amostragem foi realizada considerando a posição topográfica na vertente, estabelecendo-se como ponto inicial o interflúvio e, posteriormente, pontos situados ao longo do mesmo alinhamento em direção à feição erosiva. Essa organização teve como objetivo observar possíveis variações nas características morfológicas e granulométricas do solo ao longo da vertente, permitindo relacioná-las à dinâmica do relevo e à ocorrência da voçoroca (Santos *et al*. 2015), formando desta forma uma topossequência (JUHÁSZ *et al*., 2006).

Para a ambientação dos possíveis locais de descrição e coleta, foi utilizado o Google Earth, um globo virtual que permite a visualização da superfície terrestre em uma perspectiva global tridimensional (3D), facilitando a exploração e a interpretação de informações espaciais (Yu; Gong, 2012).

A partir dessa etapa foi realizada a atividade de campo nos dias 10 e 13 de agosto de 2026, onde foi possível identificar e definir mais precisamente os locais para as descrições morfológicas e coleta de perfis de solo, buscando manter sempre o alinhamento desde o interflúvio até a área de ocorrência da feição erosiva estudada. A localização e as coordenadas geográficas dos pontos selecionados são apresentadas na Tabela 1, quando as distribuições espaciais dos perfis na área de estudo estão apresentadas na Figura 6.

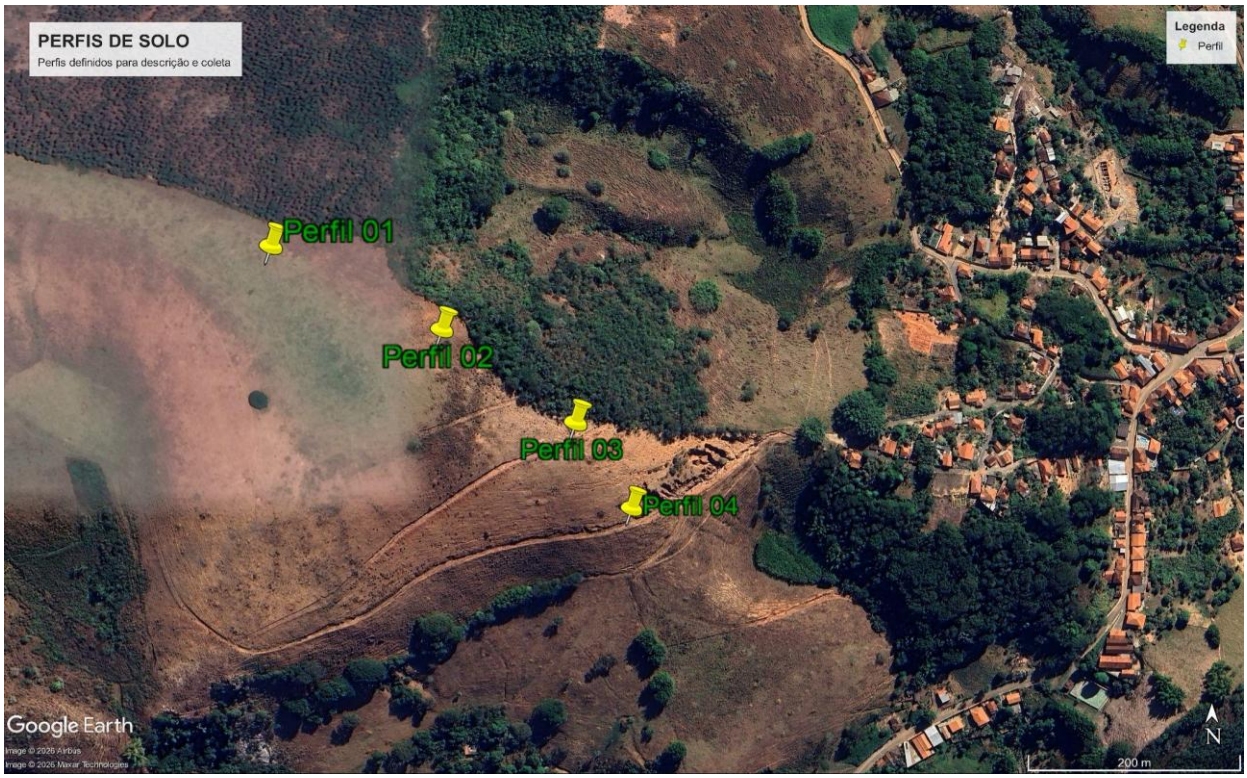
Tabela 1: Coordenadas e altitude dos perfis de coleta e descrição

PERFIL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE[1]
Perfil 01	20°12'48.51"S	43°12'19.37"O	770m
Perfil 02	20°12'50.16"S	43°12'15.92"O	755m
Perfil 03	20°12'52.20"S	43°12'13.11"O	732m
Perfil 04	20°12'54.32"S	43°12'11.78"O	706m

Fonte: Elaboração própria, 2026.

1.A altitude está indicada considerando o ponto de visão de 2.20km do Google Earth.

Figura 6: Distribuição dos perfis na área de estudo



Fonte: Google Earth, 2026.

6.4 Coleta e Descrição

Durante o percurso do topo da vertente a jusante, foram realizadas observações da paisagem como um todo, com o objetivo de identificar possíveis mudanças nas características do relevo e dos solos ao longo da vertente (Figuras 7,8,9 e 10). Os perfis de solo foram descritos e as amostras coletadas conforme os procedimentos estabelecidos no *Manual de descrição e coleta de solo no campo* (Santos *et al*., 2015). Posteriormente, os solos coletados foram classificados segundo os critérios estabelecidos pelo *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (SiBCS) (Embrapa, 2025). A determinação da cor dos solos, realizada nas condições de solo seco e úmido, foi efetuada com o auxílio da *Munsell Soil Color Charts*, seguindo os procedimentos descritos no SiBCS (Santos *et al.,* 2025). Nesta etapa de coleta e descrição e também nas análises físicas, as quais serão abordadas a seguir, obtive ajuda dos colegas: Lucas Lacerda e Jornelli Salit.

Figura 7:Posição do perfil 1



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 8: Posição do perfil 2



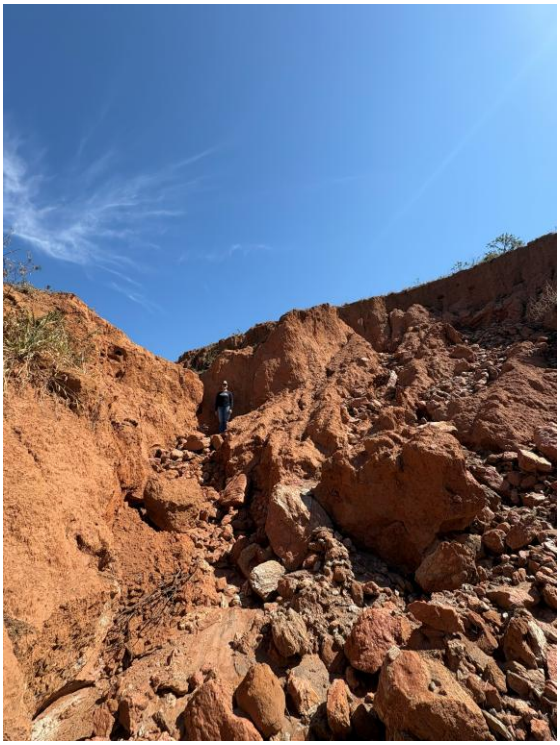
Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 9: Posição do perfil 3



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 10: Posição do perfil 4



Fonte: Acervo próprio, 2026.

6.5 Laboratório

6.5.1 Métodos de física do solo

A análise granulométrica visa à quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais de minerais do solo (EMBRAPA, 2017), sendo um importante indicativo das transformações ocorridas nos horizontes do solo.

Seguindo o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 2017), a análise foi feita a partir da sedimentação via úmida a qual as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), a partir daí foi realizada a dispersão de 20 g de cada amostra com 10 ml de NaOH 0,1 mol L-1, por 16 h, em agitação com rotação de 50 rpm em um agitador tipo Wagner. As frações areia grossa e fina foram separadas através do peneiramento com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, a fração silte, por diferença (Figuras 11,12,13,14,15, 16,17 e 18).

Figura 11: Destorroamento da amostra



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 12: Pesagem de 20g de amostra



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 13: Preparação de amostra



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 14: Preparação de amostra



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 15: Amostras no agitador



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 16: Separação de areia



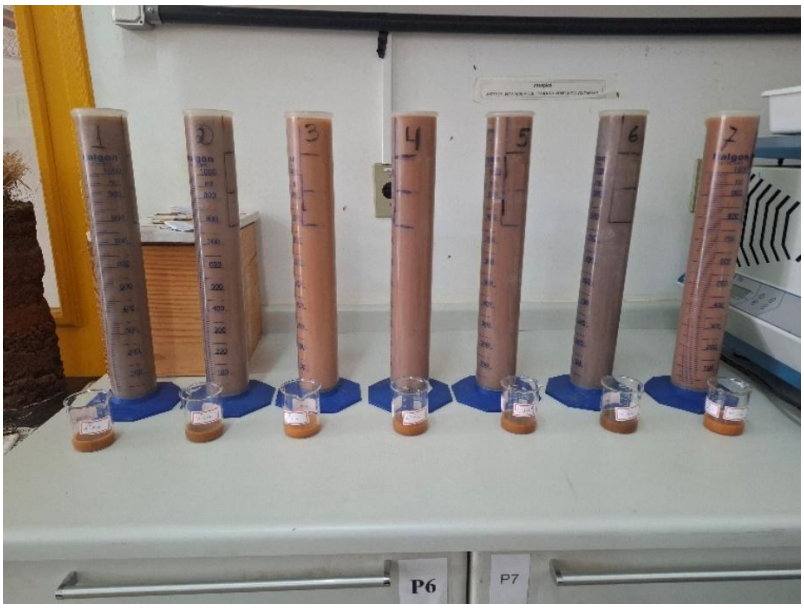
Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 17: Separação de argila



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 18: Decantação das amostras



Fonte: Acervo próprio, 2026.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Descrições morfológicas dos perfis

A partir das análises e observações realizadas em campo, verificou-se que as características gerais dos dois primeiros perfis apresentaram muitas semelhanças (Tabela 2). Entretanto, a partir do Perfil 02, foram observadas alterações progressivas nas características da vertente no sentido a jusante, especialmente em relação à declividade e à cobertura vegetal. Essas mudanças podem ser observadas nas figuras 23,24,25,26,27 e 28, e nos perfis de elevação traçados pelo Google Earth entre os pontos de descrição e coleta, bem como no perfil elaborado seguindo o sentido de deslocamento entre os pontos (Figuras 19,20,21 e 22).

O perfil de elevação realizado ao longo da vertente permitiu identificar uma variação altimétrica entre 706 e 773 m, resultando em uma amplitude de aproximadamente 67 m ao longo dos 304 m percorridos (Figura 22). O Perfil 01 encontra-se na posição de maior altitude, com aproximadamente 773 m, enquanto os demais pontos estão distribuídos progressivamente em direção à porção inferior da vertente, acompanhando o sentido de coleta. Dessa forma, observa-se um decréscimo contínuo da altitude ao longo da vertente, desde o Perfil 01 até o Perfil 04, evidenciando a configuração topográfica local da área investigada.

A variação altimétrica identificada apresenta uma particularidade quando comparada à caracterização geomorfológica proposta por Souza et al. (2005) para o município de Mariana. Segundo os autores, o Relevo de Planície Aluvial é caracterizado por fundos de vales mais abertos e por altitudes inferiores a 600 m, sendo o distrito de Cláudio Manuel inserido nas planícies formadas ao longo do Córrego do Trigo. Entretanto, os valores obtidos no levantamento local demonstram que a vertente analisada apresenta cotas superiores a esse limite, alcançando 773 m.

Essa diferença deve ser considerada a partir das distintas escalas de análise. Enquanto Souza *et al.* (2005) realizaram uma compartimentação geomorfológica abrangendo o município de Mariana, o presente estudo concentra-se em uma vertente específica, permitindo uma análise mais detalhada de sua configuração topográfica. Assim, a ocorrência de altitudes superiores a 600 m na área investigada não deve ser interpretada isoladamente como uma incompatibilidade com a classificação regional, mas

como uma característica da configuração topográfica local, evidenciada pelo perfil de elevação realizado neste estudo.

A variação altimétrica observada, associada às mudanças de declividade ao longo da vertente, constitui um elemento importante para a compreensão da dinâmica dos processos erosivos na área estudada. O sentido de diminuição da altitude, associado à concentração do escoamento superficial em direção às porções inferiores da vertente, contribui para compreender a organização da área onde se desenvolve a feição erosiva analisada neste trabalho.

Tabela 2:Características gerais dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Características gerais					Estrutura		
			Pedregosidade	Rochosidade	Relevo e Declividade	Drenagem	Erosão	Tipo	Tamanho	Grau
1	A	0 - 5	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Médio	Fraca
1	AB	5 - 30	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Muito grande	Moderada
1	B	30 - 120 +	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Muito grande	Moderada
2	A	0 - 8	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Grande	Fraca
2	A1	8 - 20	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Granular	Pequeno	Fraca
2	A2	20 - 35	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Grande	Fraca
2	B	32 - 120 +	Não pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Bem drenado	Não aparente	Subangulares	Grande	Fraca
3	B	0 - 10	Ligeiramente pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Imperfeitamente drenado	Forte	Subangulares	Muito grande	Moderada
3	B1	10 - 190+	Ligeiramente pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Imperfeitamente drenado	Forte	Subangulares	Muito grande	Moderada
3	B1	120-190	Ligeiramente pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Imperfeitamente drenado	Forte	Subangulares	Muito grande	Moderada
3	B2 (lente de material solto)	100 - 130	Ligeiramente pedregosa	Não rochosa	Ondulado	Imperfeitamente drenado	Forte	Granular	Médio	Fraca
4	B	0 - 155/180	Pedregosa	Muito rochosa	Ondulado	Imperfeitamente drenado	Forte	Subangulares	Muito grande	Moderada

continua…

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Porosidade		Consistência				Raízes	
			Tamanho	Quantidade	Seco	Úmido	Plasticidade	Pegajosidade	Quantidade	Diâmetro
1	A	0 - 5	Pequenos	Comuns	-	Friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	Muitas	Finas
1	AB	5 - 30	Muito pequenos	Poucos	-	Friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	Comuns	Finas
1	B	30 - 120	Muito pequenos	Poucos	-	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	-	-
2	A	0 - 8	Médios	Comuns	-	Muito friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	Muitas	Finas
2	A1	8 - 20	Muito pequenos	Poucos	-	Muito friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	Poucas	Muito finas
2	A2	20 - 35	Muito pequenos	Poucos	-	Muito friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	Poucas	Finas
2	B	32 - 120 +	Muito pequenos	Poucos	-	Muito friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	Raras	Finas
3	B	0 - 10	Muito pequenos	Poucos	Ligeiramente dura	Muito friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	Poucas	Muito finas
3	B1	10 - 190+	Médios	Comuns	Ligeiramente dura	Muito friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	-	-
3	B1	120-190	Médios	Comuns	Ligeiramente dura	Muito friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	-	-
3	B2 (lente de material solto)	100 - 130	Muito pequenos	Muitos	Solta	Macia	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa	-	-
4	B	0 - 155/180	Muito pequenos	Poucos	Macia	Friável	Não plástica	Ligeiramente pegajosa	-	-

continua…

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Classe Textural
			Seca	Úmida	
1	A	0 - 5	7.5YR 4/4	7.5YR 3/3	Argila arenosa
1	AB	5 - 30	7.5YR 4/4	5YR 3/4	Franco-argilo-arenoso
1	B	30 - 120 +	5YR 4/6	2.5YR 3/4	Argila siltosa
2	A	0 - 8	7.5YR 4/6	2.5YR 3/4	Areia franca
2	A1	8 - 20	5YR 4/4	2,5YR 2.5/4	Franco-arenoso
2	A2	20 - 35	7.5YR 4/4	5YR 3/4	Argila arenosa
2	B	35 - 120 +	5YR 4/6	2.5YR 3/6	Argila arenosa
3	B	0 - 10	5YR 4/6	5YR 3/4	Franco-argilo-arenoso
3	B1	10 - 190 +	5YR 5/6	2.5YR 4.8	Franco-argilo-arenoso
3	B1	120-190	5YR 5/6	2.5YR 4.8	Franco-argilo-arenoso
3	B2 (lente de material solto)	100 - 130	5YR 4/4	5YR 3/6	Franco-argiloso
4	B	0 - 155/180	(7.5YR 5/8	2.5YR 3/6	Franco-argilo-siltoso

Fonte: Acervo próprio, 2026.

7.1.2 Resultados da física

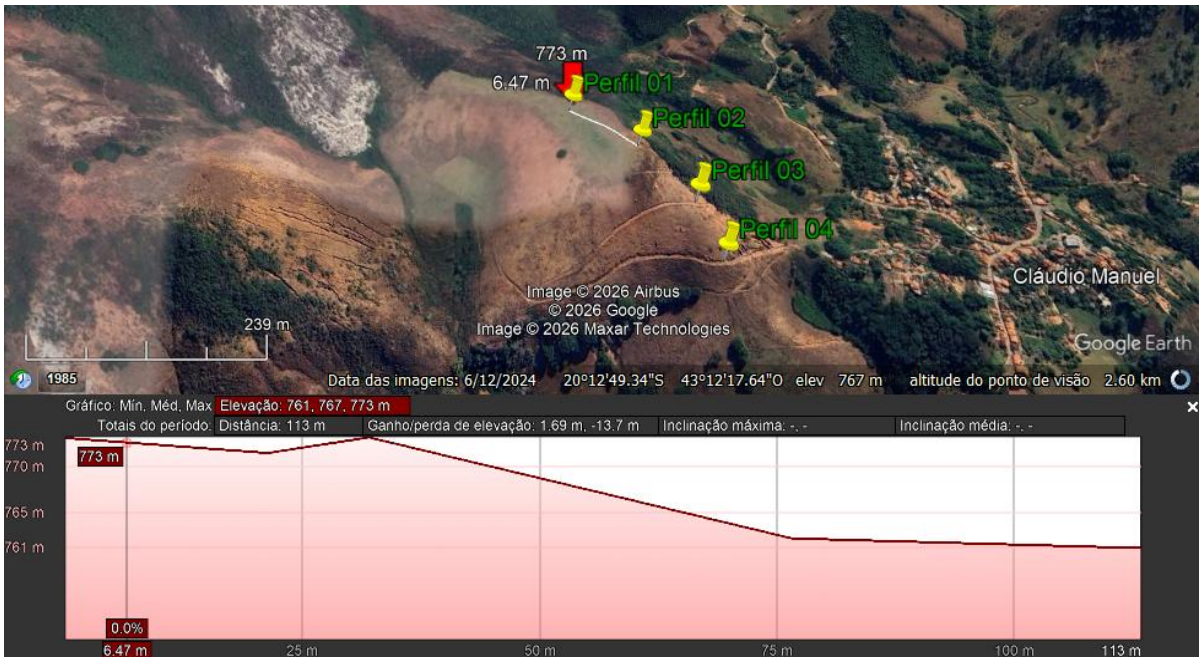
Os solos estudados apresentaram uma variação de classes texturais, indo de argila arenosa a areia franca (Tabela 2). Os maiores teores de silte e argila foram encontrados nos perfis 02 (posição no terço-superior da vertente) e 04 (posição no terço inferior da vertente), apresentando 1,48% de argila e 0,48% de silte no perfil 02 e 1,44% de argila e 0,72% de silte no perfil 04. Enquanto os maiores teores de areia predominaram nos perfis 01 (posição no topo da vertente), com 98,69% e no perfil 04 (posição no terço inferior da vertente), com 97,84% (Tabela 3).

Tabela 3: Porcentagem granulométrica por perfil

	AREIA (TOTAL) g	SILTE (TOTAL) g	ARGILA (TOTAL) g	TOTAL DE AMOSTRA POR PERFIL g	PORCENTAGEM DE AREIA (%)
PERFIL 1	33,88	0,08	0,37	34,33	98,69
PERFIL 2	38,5	0,19	0,58	39,27	98,04
PERFIL 3	41,83	0,12	0,52	42,47	98,49
PERFIL 4	9,52	0,07	0,14	9,73	97,84

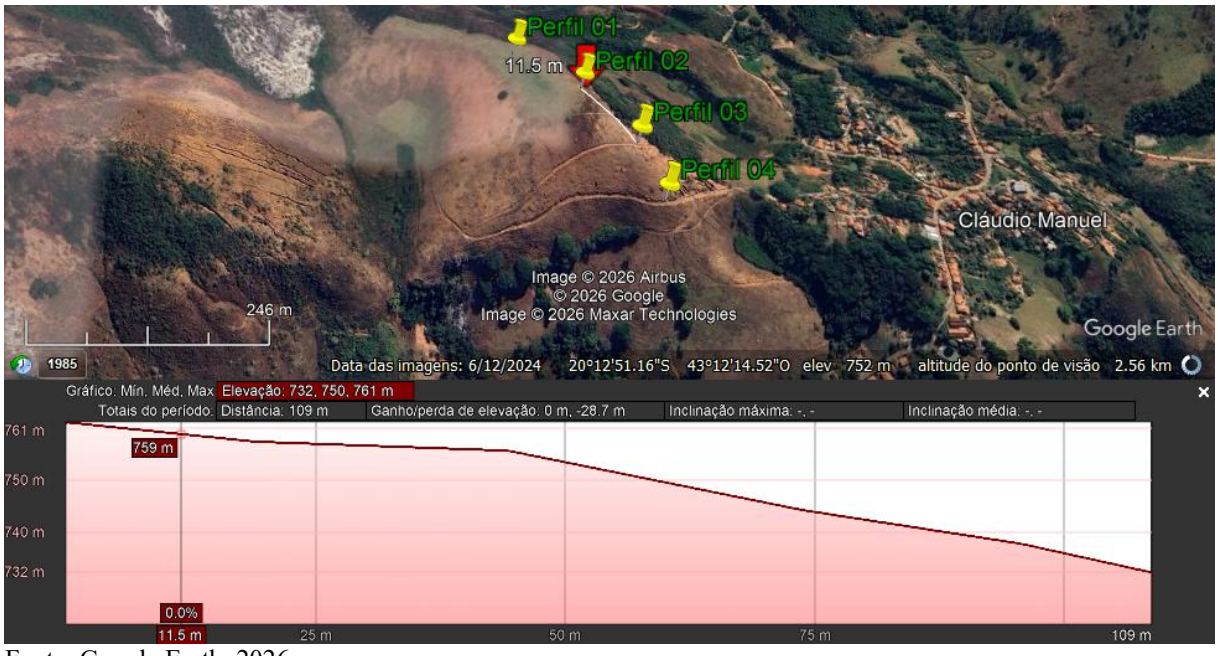
Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 19: Perfil de elevação - Perfil 01 ao perfil 02



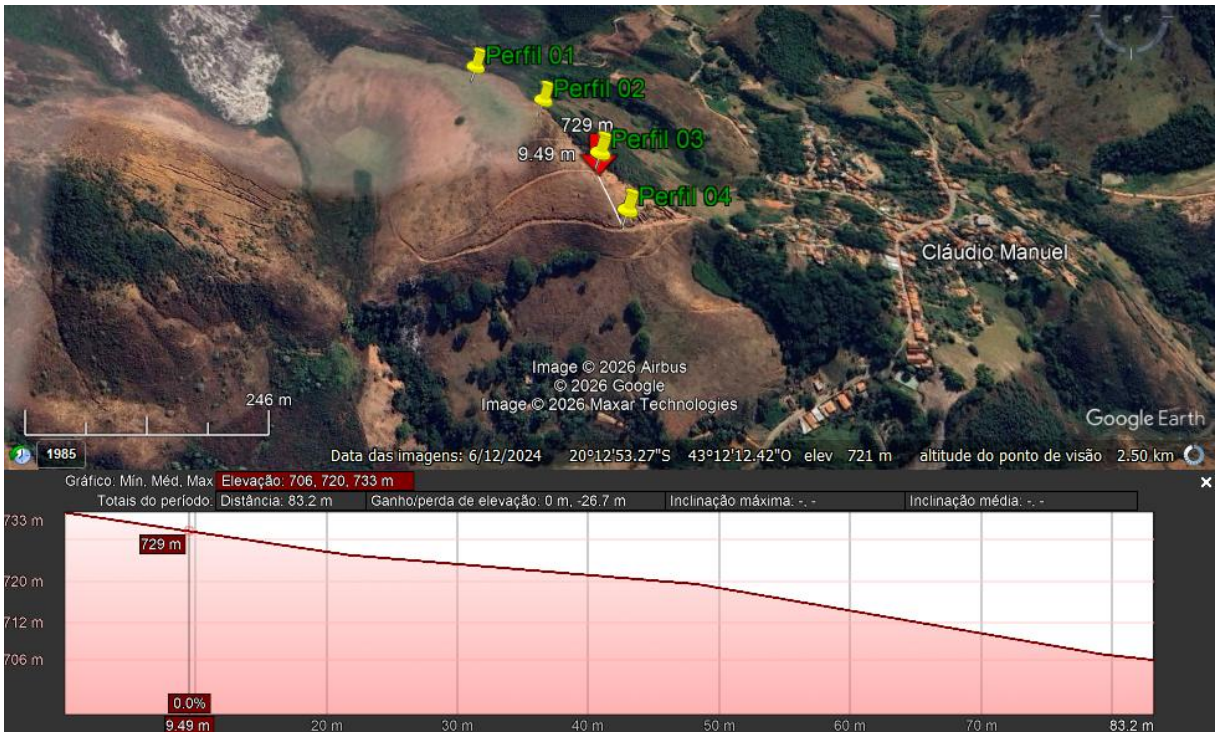
Fonte: Google Earth, 2026.

Figura 20: Perfil de elevação - Perfil 02 ao perfil 03



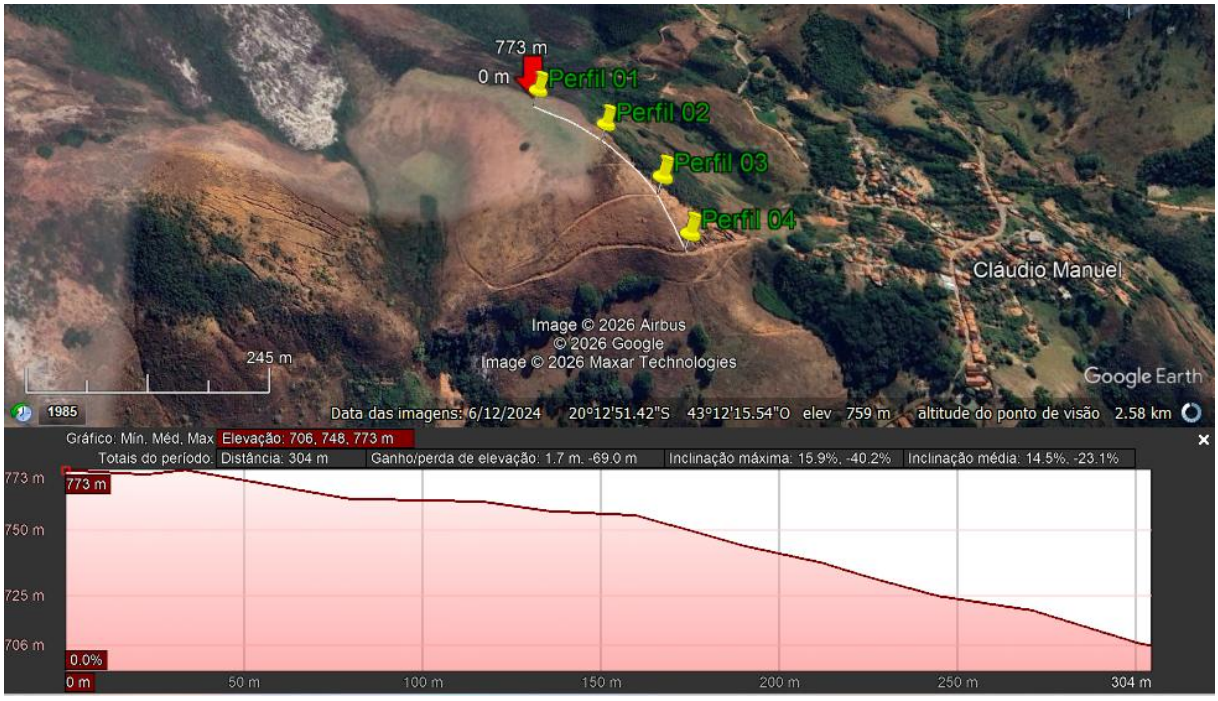
Fonte: Google Earth, 2026.

Figura 21:Perfil de elevação - Perfil 03 ao perfil 04



Fonte: Google Earth, 2026.

Figura 22: Perfil de elevação - Direção das coletas dos perfis



Fonte: Google Earth, 2026.

8. OBSERVAÇÕES DO CAMPO

A evolução da paisagem na vertente estudada, no distrito de Cláudio Manuel, Mariana - MG, é marcada por uma transição gradual entre o topo e o terço superior, seguida de mudanças mais expressivas a partir do terço médio. Essas alterações permitem identificar diferentes unidades de paisagem ao longo da vertente, definidas a partir da associação entre características do relevo, cobertura vegetal, condições do solo e ocorrência de feições erosivas.

Do perfil 01 até as proximidades do perfil 02, não foi observada alteração na cobertura vegetal, mantendo-se a vegetação rasteira de braquiária ao longo do percurso; a declividade, por sua vez, apresentou uma transição gradual, sem rupturas abruptas, com inclinação direcionada preferencialmente para o lado esquerdo da vertente, no sentido da mata. Nesse trecho, notou-se ainda a presença de formigueiros e cupinzeiros próximos ao perfil 02, indicativos de atividade biológica no solo (Figura 23).

Figura 23: Formigueiro ao lado direito do perfil 02



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Nas proximidades do perfil 03, contudo, a mudança na cobertura vegetal tornou-se evidente, com a substituição da vegetação rasteira por arbustos esparsos de candeia, enquanto o relevo passou a direcionar o fluxo hídrico mais diretamente para jusante da vertente. No próprio perfil 03, verificou-se a presença de uma estrada com sinais expressivos de erosão, canalizando a água em dois sentidos distintos, sendo um em direção à mata e outro para a face oposta da vertente. Ao longo do trecho entre o perfil 03 e o perfil 04, manteve-se a escassez de vegetação, com poucos arbustos e presença de formações incipientes de erosão linear. Em um ponto, observou-se ainda um afloramento de rocha que se desagregava com facilidade ao manuseio (Figura 24).

Figura 24: Afloramento de rocha a montante da voçoroca



Fonte: Acervo próprio, 2026.

No perfil 04, por fim, não havia cobertura vegetal, e a paisagem apresentava-se dominada por feições erosivas em diferentes estágios de desenvolvimento, além de expressiva quantidade de material solto depositado no fundo da feição erosiva (Figura 25).

Figura 25: Materiais transportados e depositados



Fonte: Acervo próprio, 2026.

A cor dos perfis, percebida já em campo, também apresentou variações ao longo da vertente. Os perfis 01 e 02 apresentaram tonalidades mais escuras em comparação aos

demais. No perfil 02, especificamente no horizonte A1, foi identificada uma coloração ainda mais escura, quase preta, semelhante a carvão, e ao longo da escavação foram encontrados alguns buracos no perfil, possivelmente associados à bioturbação por raízes ou pela fauna do solo (Figura 26).

Figura 26:Perfil 2 com material semelhante a carvão e buracos



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Já nos perfis 03 e 04, as tonalidades tornaram-se visivelmente mais claras, acompanhadas de uma quantidade perceptível de fragmentos de rocha, caracterizando maior pedregosidade ao longo desses perfis. Essa diferenciação acompanha as mudanças observadas na cobertura vegetal e nas condições superficiais da vertente, especialmente a partir do perfil 03 (Figuras 27 e 28).

Figura 27: Perfil 3



Fonte: Acervo próprio, 2026.

Figura 28: Perfil 4



Fonte: Acervo próprio, 2026.

A análise física do solo mostrou uma vertente com predomínio da fração areia em todos os perfis, com teores acima de 97% em toda a extensão estudada, e frações de silte e argila muito reduzidas (Tabela 3), condição compatível com a presença de material de origem predominantemente quartzoso e resistente à alteração química, dificultando a formação de frações mais finas e, consequentemente, o desenvolvimento de horizontes mais argilosos. Os maiores teores de argila e silte foram registrados nos perfis 02 e 04, ainda que pouco expressivos diante da fração arenosa dominante. Em campo, essa interpretação foi reforçada pela observação de fragmentos de rocha semelhantes ao quartzo, dispersos ao longo dos perfis 03 e 04. O predomínio da fração arenosa torna-se relevante para a compreensão das feições erosivas observadas na vertente, uma vez que a baixa coesão entre as partículas pode favorecer sua desagregação e remoção quando submetidas ao escoamento concentrado. Dessa forma, embora a textura se mantenha predominantemente arenosa em todos os perfis, sua associação com as mudanças verificadas no relevo, na cobertura vegetal e na dinâmica do escoamento contribui para compreender a intensificação das incisões erosivas em direção ao perfil 04.

Apesar da pedregosidade não representar, por si só, um impedimento evidente à instalação e ao desenvolvimento da vegetação, a superfície do solo nos trechos próximos aos perfis 03 e 04 apresentava-se visivelmente selada e com aspecto endurecido,

possivelmente em decorrência do impacto direto das gotas de chuva sobre um solo com pouca proteção vegetal. Essa condição superficial pode reduzir a infiltração da água e favorecer o aumento do escoamento superficial, principalmente quando associada à ausência de uma cobertura vegetal contínua. A concentração desse escoamento em determinados pontos da vertente contribui para a retirada e o transporte das partículas do solo, favorecendo a formação e o aprofundamento das incisões erosivas. Na área estudada, essas feições tornam-se perceptíveis a partir do perfil 03 e apresentam maior desenvolvimento em direção ao perfil 04, onde se localiza a voçoroca e onde foram identificadas incisões em diferentes dimensões e estágios de evolução. Os arbustos de candeia observados nesses trechos ocorrem de forma esparsa e não constituem uma cobertura vegetal contínua, sendo insuficientes para proporcionar proteção significativa à superfície do solo contra a ação direta da chuva e do escoamento.

Os dados mostram, portanto, que as unidades de paisagem identificadas ao longo da vertente não derivam exclusivamente da variação textural do solo, mas da interação entre as características do relevo, a dinâmica hídrica, a cobertura vegetal e as propriedades do material superficial.

A partir do terço médio da vertente, especialmente nas proximidades dos perfis 03 e 04, a redução da cobertura vegetal coincide com mudanças no direcionamento do fluxo hídrico e com o aparecimento e a intensificação das feições de erosão linear. Nesse contexto, a predominância de material arenoso e pouco coeso, associada à menor proteção da superfície e à concentração do escoamento, estabelece condições favoráveis à remoção e ao transporte de partículas. A distribuição dessas feições ao longo da vertente evidencia, assim, uma progressão espacial da erosão, que se torna mais expressiva em direção ao perfil 04. Dessa forma, a voçoroca observada nesse perfil não se apresenta como uma feição isolada na paisagem, mas como parte de uma dinâmica erosiva associada às transformações observadas ao longo da vertente.

Nesse sentido, as incisões observadas ao longo da vertente não se mantiveram constantes em suas dimensões. À medida que se avançava vertente abaixo, elas se apresentavam progressivamente mais profundas, evidenciando um processo contínuo de aprofundamento e evolução das feições erosivas, coerente com a sucessão sulco-ravina-voçoroca descrita na revisão bibliográfica realizada. Além do aprofundamento contínuo,

observou-se um aumento brusco na largura das incisões nas proximidades da voçoroca, acompanhado da presença de bordas ocas, aparentemente prestes a desabar, e de faces da feição erosiva que já pareciam perder o contato com a porção a montante da vertente. Esses elementos podem constituir indícios da possível atuação de processos erosivos subterrâneos, como o *piping*, que promovem a remoção interna de partículas do solo e a formação de vazios que comprometem a estabilidade das paredes da voçoroca, favorecendo seu alargamento e seu recuo remontante em direção ao topo da vertente.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou compreender a dinâmica erosiva da voçoroca estudada a partir da relação existente entre o solo e os diferentes elementos que compõem a paisagem, permitindo identificar mudanças ao longo da vertente e os principais fatores associados ao processo erosivo da área. A análise desses elementos demonstrou a importância de não compreender a ocorrência da feição a partir de um único fator, mas sim das relações existentes entre as características naturais e as transformações ocorridas na paisagem.

Dessa forma, considera-se que os objetivos propostos no início deste trabalho foram alcançados. Entretanto, os resultados obtidos não permitem determinar uma causa específica para a formação da voçoroca, pois, para isso, seria necessário um estudo mais aprofundado sobre o histórico de evolução da área, juntamente com outras análises complementares. O que foi possível identificar, a partir dos dados obtidos, foram fatores que se encontram associados **à** dinâmica atual da feição erosiva e que podem contribuir para sua evolução.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para o desenvolvimento de novos estudos na área, especialmente aqueles voltados ao monitoramento da evolução da voçoroca e à aplicação de medidas mitigatórias. Espera-se também que o conhecimento das características do solo e de sua relação com os demais elementos da paisagem possa contribuir para o desenvolvimento de futuras ações de conservação e recuperação da área degradada, considerando as particularidades identificadas no distrito de Cláudio Manuel.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: De Nimer (1977) à zona de convergência do atlântico sul. Geonomos, Belo Horizonte, 1998, v. 6, n. 2, p. 17-22.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Encarte especial sobre a bacia do rio Doce**: rompimento da barragem em Mariana/MG. Brasília, DF: ANA, 2016. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarteriodoce_22_03_2016v2.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

ALKMIM, F. F. de; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil : evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. Precambrian Research, v. 90, n. 1-2, p. 29-58, 1998.

ALMEIDA, L. G. de; CASTRO, P. de T. A.; ENDO, I.; FONSECA, M. A. O Grupo Sabará no sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 2, p. 177-186, 2005.

ATRATIVOS turísticos: Cláudio Manoel. **Câmara Municipal de Mariana**. Disponível em: https://camarademariana.mg.gov.br/atrativos-turisticos/10560/. Acesso em: 28 ago. 2024.

ANTHROPIC. Claude (versão Sonnet 4.6). Ferramenta de inteligência artificial. San Francisco: Anthropic, 2024. Disponível em: https://www.claude.ai. Acesso em: 2026.

BARBOSA, Lucas Libarino; MAIA, Meirilane Rodrigues. Mapeamento de ravinas e voçorocas nas margens do anel rodoviário da cidade de Vitória da Conquista – BA. **Geopauta**, Vitória da Conquista, v. 4, n. 2, p. 227-244, 2020. DOI: https://doi.org/10.22481/rg.v4i2.6924. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/5743/574363604012/html/. Acesso em: 11 jun. 2026.

BASTOS, Frederico de Holanda; MAIA, Roberto Pessoa; CORDEIRO, Ana Maria Nogueira. **Geomorfologia**. Fortaleza: EdUECE, 2019.

BASTOS, Frederico de Holanda; MAIA, Rubson Pinheiro; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. *Geomorfologia*. Fortaleza: EdUECE, 2015. 138 p .

BALTAZAR, O. F.; BAARS, F. J.; LOBATO, L. M.; REIS, L. B.; ACHTSCHIN, A. B.; BERNI, G. V.; SILVEIRA, V. D. **Mapa geológico Mariana na escala 1:50.000, com nota explicativa**. *In*: LOBATO, L. M. *et al*. (org.). **Projeto geologia do Quadrilátero Ferrífero — integração e correção cartográfica em SIG com nota explicativa.** Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.

BERTALANFFY, L. von. **General systems theory**. New York: George Braziller, 1968.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1968.

BUSTAMANTE, Ana Maria Goulart; GONZALEZ, Sideny Ribeiro. Patrimônio cultural e geologia do Quadrilátero Ferrífero. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 113-121, jul./dez. 2017.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, p. 104-114, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L. A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 519-529, 2007.

CAMPOS, Milton César Costa. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 8, n. 3, p. 963-982, set./dez. 2012. DOI: 10.5777/ambiencia.2012.05.01rb.

CARDOSO, Rafael Said Bhering; PIRES, Lucas Valente. Voçorocas: processos de formação, prevenção e medidas corretivas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301552655_Vocorocasprocessos_de_formacao_prevencao_e_medidas_corretivas. Acesso em: 24 ago. 2026.

CARDOSO, L. H. *et al.* Análise geofísica regional do controle litoestrutural em voçorocas da porção centro-sul do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, abr./jun. 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i2.2056.

CARVALHO JUNIOR, Waldir de *et al*. Os solos tropicais e sua distribuição: uma visão segundo dados de livre acesso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 8, p. 54835-54848, ago. 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n8-009.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Propriedades do solo**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/solo/propriedades. Acesso em: 21 out. 2024.

CLASSIFICAÇÃO climática de Köppen para os municípios brasileiros. Disponível em: https://koppenbrasil.github.io/. Acesso em: 8 out. 2024.

CLIMATE-DATA. **Clima: Mariana (Minas Gerais)**. Disponível em: https://pt.climate-data.org/. Acesso em: 18 maio 2026.

CLIMATE-DATA. Clima Mariana (Brasil). [S. l.]: Climate-Data.org, 2026. Disponível em: Climate-Data — Clima de Mariana. Acesso em: 16 set. 2026.

COELHO FILHO, Maurício Antonio; BASSOI, Luís Henrique; ANGELOCCI, Luiz Roberto; COELHO, Eugênio Ferreira; PEREIRA, Francisco Adriano de Carvalho. Relação solo-planta-atmosfera. In: COELHO FILHO, Maurício Antonio *et al.* (org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 29-54.

CONCIANI, W. **Processos erosivos**: conceitos e ações de controle. Cuiabá: CEFET-MT, 2008.

CUNHA, Márcio Angel. (coord.). *Ocupação de encostas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1991.

DORR II, J.V.N. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington, US Geol. Surv., 1969.

DOKUCHAEV, V. V. **The Russian chernozem**: a report to the Free Economics Society. St. Petersburg: [s.n.], 1883.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Uso Agrícola dos Solos Brasileiros. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo**.Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2025. 396 p. ISBN 978-65-5467-104-0.

ENDO, I. *et al. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000*: uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto: Departamento de Geologia da Escola de Minas, UFOP; Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero, 2019a. Disponível em: www.qfe2050.ufop.br.

ENDO, I. *et al.* Estratigrafia e evolução estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: CASTRO, P. de T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (org.). *Quadrilátero*

Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020. p. 70-113.

ESPINDOLA, C. R. A institucionalização da pedologia como ciência por Friedrich Albert Fallou – o caso brasileiro. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 61-70, 2014. DOI: 10.5935/0100-929X.20140005.

ESPINDOLA, C. R. Histórico das pesquisas sobre solos até meados do século XX, com ênfase no Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 27-70, 2018. DOI: 10.5935/0100-929X.20180007.

FILIZOLA, Heloisa Ferreira; ALMEIDA FILHO, Gerson S. de; MACHADO, Kelly Cristina; GOMES, Marcel Dornelas de Souza; GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 7 p. (Circular Técnica, 22). ISSN 1516-4683.

FONSECA, Gabriela Magalhães da. **Petrogênese de rochas ultramáficas do Quadrilátero Ferrífero e adjacências e sua relação genética com rochas metaultramáficas do tipo serpentinito e esteatito**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZALES, F. A. D. et al. Machine learning and remote sensing techniques applied to estimate soil indicators - review. **Ecological Indicators**, v. 134, 108517, 2022. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108517.

GUERRA, A.J.T. (2001). Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T., BAPTISTA,S. (Org), Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, 4 ed., Rio de Janeiro, p.149-195.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos: processos erosivos nas encostas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 170-187.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 472 p. ISBN 978-85-286-0326-2.

GUERRA, A. J. T. et al. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo – estudo de caso da voçoroca do Sacavém – São Luís – MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. especial, p. 1-20, jul. 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2306.

GUERRA, A. J. T. Técnicas e métodos usados no monitoramento dos processos erosivos. **Sociedade & Natureza**, v. 15, 2021. DOI: 10.14393/SN-v8-1996-61708. Disponível em:

https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/61708. Acesso em: 25 set. 2024.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, Antonio José Teixeira; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 93-114, 1996.

GUERRA, A.J.T.O. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA A.S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) Erosão e conservação dos solos: Conceitos Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 5). ISBN 978-85-240-4110-5.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 4). ISBN 978-85-240-4359-8.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Tabela 9923**: população residente, por situação do domicílio – Distrito. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2022. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/9923. Acesso em: 15 ago. 2026.

JENNY, H. **Factors of soil formation**: a system of quantitative pedology. New York: Dover Publications, 1941. 281 p.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Erosão dos solos e movimentos de massa: recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes**. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (org.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

JUHÁSZ, C. P., CURSI, P. R., COOPER, M., OLIVEIRA, T. C., RODRIGUES, R. R. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 401-412, 2006.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C. et al. (org.). **Pedologia**: fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1-20.

KÄMPF, N.; CURI, N. **Pedologia**: fundamentos. 5. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

KHALIL, H. P. S. Abdul et al. The role of soil properties and its interaction towards quality plant fiber: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 1006-1015, 2015.

LEÃO, T. P. **Solos**: uma introdução [recurso eletrônico]. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2024. 316 p. (Série Ensino de Graduação). ISBN 978-65-5846-063-3.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M.; FRANCO, A. A. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 63 p. (Embrapa Agrobiologia. Sistemas de Produção, 4). ISSN 1676-6721.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. **Soil Research**, v. 4, p. 183-198, 1935.

MIRABELLI, Helena; YONEMOTO, Teluko. **Os climas do Brasil**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC)/EDART, 1980.

MUGGLER, C. C.; CARDOSO, I. M.; RESENDE, M.; FONTES, M. P. F.; ABRAHÃO, W. A. P.; CARVALHO, A. F. **Apostila de geologia e pedologia**: conteúdos básicos para as disciplinas de SOL 213, SOL 215 e SOL 220. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2005.

NALINI JÚNIOR, H. A. *et al.* Geoquímica no Quadrilátero Ferrífero: um relato histórico. In: CASTRO, P. de T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (org.). *Quadrilátero Ferrífero*: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020. p. 142-165.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 421p. 1989.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 93-148.

NOCE, C. M. et al. O embasamento arqueano e paleoproterozoico do Orógeno Araçuaí. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 17-23, 2007.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. B.; BOTELHO, R. C. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 56-99.

OLIVEIRA, J., A influência do relevo como fator de formação: Uma analise na área da EMBRAPA, Sete Lagoas MG. Geonorte. Edição Especial, 4. v. 10, n. 1, p. 1-4, 2014.

ORNELAS, M. G.; FERRAZ, C. M. L.; RAMOS, C. G.; URSINE, D. L.; RODRIGUES, J. P. L.; BAFFA, M. C. C. Voçorocamento em meio urbano e planejamento ambiental: um estudo de caso em Teófilo Otoni-MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 10., 2014, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: Sinageo, 2014. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/9/9-619-1404.html. Acesso em: 11 jun. 2026.

PAULA, Eduardo Vedor. **Análise da produção de sedimentos na área de drenagem da Baía de Antonina/PR**: uma abordagem geopedológica. 2010. 220 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Classificação climática de Köppen-Geiger. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html. Acesso em: 8 out. 2024.

PENNOCK, D. J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**, v. 133, p. 1-5, 2006.

PEREIRA, B. C. Relação solo-paisagem e sua aplicabilidade: uma ferramenta fundamental para o entendimento da caracterização da paisagem. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, v. 20, n. 20, 2020.

PEREIRA, M. G. et al. Formação e caracterização de solos. In: FONTANA, Ademir et al. (org.). **Formação, classificação e cartografia dos solos** [e-book]. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 1-20. Disponível em: https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/formacao-classificacao-e-cartografia-dos-solos. Acesso em: 17 out. 2025.

PEREIRA, N. A. Propriedades físicas do solo: quais são as 6 principais e como avaliá-las a campo? **AGROADVANCE**, 2024. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-propriedades-fisicas-do-solo/. Acesso em: 18 out. 2024.

PRIMAVESI, A. **A floresta e o solo**. São Paulo: Nobel, 1979. 549 p.

PAULA, Eduardo Vedor de. Análise da produção de sedimentos na área de drenagem da Baía de Antonina/PR: uma abordagem geopedológica. 2010. 220 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PEREZ, D. V. Superfície específica: método do Etileno Glicol Monoetil Éter (EGME). In: TEIXEIRA, P. C. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. cap. 17. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1107194/1/Pt1Cap17SuperficieespecificaEGME.pdf. Acesso em: 22 ago. 2026.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, jul./ago. 2007.

REICHERT, José Miguel et al. **Solos florestais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos, 2009.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Propriedades físicas do solo. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2006.

RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 6. ed. Lavras: UFLA, 2019.

ROSSI, M.; QUEIROZ NETO, J. P. Relações solo-paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, p. 11-23, 2001.

ROSSI, Q. D. Estratigrafia e arcabouço estrutural da região de fábrica nova, quadrilátero ferrífero, minas gerais. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). UFOP. 2014.

ROSOLEN, V. Pedogênese-Morfogênese em uma topossequência representativa da paisagem SW da Amazônia Brasileira. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, n. 1, p. 85-91,2012.

RUBIRA, Felipe Gomes; MELO, Georgea do Vale de; OLIVEIRA, Filipe Kallás Suhadolnik de. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. Revista de Geografia (Recife), Recife, v. 33, n. 1, p. 168-193, 2016. ISSN 0104-5490.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. B.; BOTELHO, R. C. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SANTOS, A. F. L. et al. O solo como elemento integrador da paisagem na Geografia escolar: compreensões analíticas a partir de um livro didático do 6º ano. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 93, p. 298-318, jun. 2023.

SANTOS, E. F. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M. da; NÓBREGA, J. C. A.; LUZ NETO, C. A. da. Distribuição de poros e sua relação com atributos físico-hídricos em solos de cerrado e cerrado/caatinga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/976269/1/33791.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025.

SANTOS, R. D. dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2018.

SCHOORL, J. M.; VELDKAMP, A.; BOUMA, J. Modeling water and soil redistribution in a dynamic landscape context. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 1610-1619, 2002.

SEIXAS, B. L. S. Fundamentos do manejo e da conservação do solo. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1984. 304p.

STUMM, W., MORGAN, J.J. Aquatic chemistry - an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. 2. ed. New York: John Wiley, 780 p. 1981.

SHAW, C. F. Potent factors in soil formation. **Ecology**, v. 11, p. 239-245, 1930.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, 2006.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Propriedades físicas e químicas de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 921-930, 2006.

SILVA, M. F., CHAVES, M. S., LIMA, Z. M. C. Geofísica II: Propriedades dos solos – características químicas e mineralógicas. Natal, RN: EDUFRN, p. 240. 2009.

SILVA, M. G. S.; LOBÓN, G. S.; FERREIRA, N. C.; SCALIZE, P. S. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 38-48, 2015. DOI: 10.5902/2236130817991. ISSN 2236-1308.

SOUZA, L. A. de. **Diagnóstico do meio físico como contribuição ao ordenamento territorial do município de Mariana**. Ouro Preto: UFOP, 2004.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; FILHO, J. F. P. Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana – MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57/03, p. 189-202, 2005.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. Da rocha ao solo – intemperismo e pedogênese. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 128-239.

UEHARA, Goro. The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. 4 Ed. Boulder, Colorado – USA: Westview Press, Inc. 1981.

VIEIRA, A. F. S. G.; FILHO, A. B. F. Avaliação das técnicas de monitoramento de voçorocas: o exemplo da Região Metropolitana de Manaus-AM, na região amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. especial, p. 1-28, jul. 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i00.2302.

VIEIRA, Antonio Fábio Guimarães. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. 2008. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VOÇOROCA é apenas um buraco na terra. **Comunica.ufu.br: Portal de Notícias da UFU**, 2020. Disponível em: https://comunica.ufu.br/noticias/2020/06/vocoroca-e-apenas-um-buraco-na-terra. Acesso em: 30 jan. 2024.

YU, Le; GONG, Peng. *Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives*. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 12, p. 3966-3986, 2012. DOI: 10.1080/10.1080/01431161.2011.636081. Acesso em: 19 ago. 2026.

ZORZI, C. **Caracterização dos Solos Tropicais Lateríticos para reforço de Pavimentos.**Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado na Universidade São Francisco, Itatiba, São Paulo. 2008.