



O mapeamento geomorfológico na compreensão da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos

Geomorphological mapping in understanding environmental vulnerability to erosion processes

Húrbio Rodrigues de Oliveira Costa 

Doutor em Geografia

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brasil

hurbiorodrigues@gmail.com

João Osvaldo Rodrigues Nunes 

Doutor em Geografia

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brasil

joao.o.nunes@unesp.br

Leda Correia Pedro Miyazaki 

Doutora em Geografia

Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

e-mail, lecpgeo@gmail.com

Resumo

O mapeamento geomorfológico aparece enquanto ferramenta essencial dentro da Geografia ao permitir reconhecer as diferentes morfologias que constituem o espaço geográfico e identificar os elementos presentes nele. Na medida em que a sociedade capitalista se apropria e ocupa das formas do relevo, é interessante compreender como as mesmas se distribuem num determinado ambiente. Deste modo, o presente estudo tem como objetivo identificar e caracterizar as formas do relevo a partir do mapeamento geomorfológico, adotando enquanto área de estudo o município de Capinópolis (MG). O mapeamento produzido a partir das imagens do Google Earth, permite que a metodologia seja replicada em outras áreas de estudo, possibilitando o avanço na obtenção de informações geomorfológicas. O uso do mapeamento fornece os meios para melhorar o planejamento e reduzir o nível de vulnerabilidade ambiental, no caso às erosões.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico; Formas do relevo; Vulnerabilidade ambiental..



<https://doi.org/10.28998/contegeo.11i.25.19082>

Artigo publicado sob a Licença Creative Commons 4.0

Submetido em: 09/01/2025

Aceito em: 18/10/2025

Publicado: 25/01/2026

e-Location: 19082

Contexto Geográfico | Maceió | v. 11, n. 25 | pág. 25 - 47 | Jul/2026

Abstract

Geomorphological mapping is an essential tool in Geography as it allows the recognition of different morphologies that constitute the geographic space and the identification of the elements present in it. As the capitalist society appropriates and occupies landforms, it becomes relevant to understand how these forms are distributed in a given environment. Thus, the present study aims to identify and characterize landforms through geomorphological mapping, focusing on the municipality of Capinópolis (MG) as the study area. The mapping, produced using Google Earth images, enables the methodology to be replicated in other study areas, facilitating advances in the acquisition of geomorphological information. The use of mapping provides means to improve planning and reduce environmental vulnerability levels, particularly in cases of erosion..

Kay-words: Geomorphological mapping; Landforms; Environmental vulnerability.

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos importantes para a compreensão da vulnerabilidade ambiental, sobretudo relacionada aos processos erosivos, encontra-se o uso das geotecnologias que auxiliam no processo de mapeamento. Especialmente quanto ferramentas que auxiliam na análise e identificação de processos e formas.

De acordo com Tôsto et al. (2014), o uso das tecnologias tem sido difundido nos estudos sobre paisagem, questões ambientais, prevenção de desastres e ainda na gestão, monitoramento e planejamento das atividades humanas. De acordo com os autores, a geotecnologia consiste no “conjunto de técnicas e métodos científicos aplicados à análise, à exploração, ao estudo e à conservação dos recursos naturais, considerando diferentes escalas e a informação espacial”, contribuindo para obtenção de informações espaciais a partir de diferentes perspectivas (Tôsto et al., 2014, p. 34).

O uso das geotecnologias passa a servir como ferramenta para o monitoramento e planejamento, sobretudo quando se considera a possibilidade de realizar tal tarefa de maneira remota, acessando informações de um determinado recorte espacial mesmo estando distante do objeto de estudo. Segundo Rosa (2005, p. 81), “as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica”. De acordo com Criscuolo (2021, p. 52), o uso da geotecnologia “contribui para que possamos identificar padrões na paisagem, extraír e gerar dados e informações a partir da interpretação desses padrões; organizar e disponibilizar esses dados, de forma a permitir o acesso aos seus diferentes tipos de usuários”.

O acesso às informações de modo remoto, por meio de imagens de satélite e radar, facilita a compreensão dos objetos, bem como a representação por meio de produtos cartográficos que considerem processos, formas e dinâmicas naturais e antropogênicas. Para o acesso a tais informações, faz-se uso de Sistemas de Informações Geográficas ou SIG, o que de acordo com Câmara (2005, p. 16) consiste no sistema que “armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer”.

O SIG, de acordo com Silva (2006, p. 16), “tem por objetivo o processamento de dados referenciados geograficamente, desde a coleta até a geração e a exibição das informações por meio de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais e gráficos, entre outros”. Neste sentido, é necessário compreender o objeto de estudo e os elementos necessários para que a produção de representações cartográficas seja possível. As geotecnologias, aparecem como meio para a obtenção dos dados sobre relevos, solos e cobertura da terra, bem como ferramenta que auxilia na sobreposição das camadas que darão origem ao mapa de vulnerabilidade (Crepani et al., 2001).

No presente estudo, o foco se dá sobre as formas do relevo, especialmente na produção do mapa geomorfológico que contribuiu para a análise da vulnerabilidade ambiental. De acordo com os autores, a Geomorfologia fornece “as informações relativas à Morfometria, que influenciam de maneira marcante os processos ecodinâmicos”, referindo-se à capacidade de escoamento ou infiltração de acordo com a declividade do relevo (Crepani et al., 2001, p. 14).

A compartimentação topográfica, a declividade e o direcionamento das vertentes, quando associados a cobertura vegetal e outros elementos, torna compreensível a aceleração ou redução de processos erosivos na área (Crepani et al., 2001). De acordo com Crepani et al. (2001), quanto maior a declividade do relevo, menor o desenvolvimento pedogenético, devido a predominância da morfogênese em relação a pedogênese.

A conexão entre morfogênese e pedogênese, é importante pois define a velocidade dos processos erosivos que se instalaram na vertente. De acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), esses processos erosionais transformam naturalmente a paisagem ao longo do tempo, ocasionados

principalmente pelos fluxos hídricos que destroem e transportam material pedológico no percurso. Diante disso,

O fenômeno da erosão constitui o conjunto de agentes dinâmicos através do qual atuam de maneira combinada todos os processos de degradação da superfície terrestre, incluindo intemperismo, transporte, ações mecânica e química da água corrente e de outros agentes erosivos, responsáveis pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, sendo por isso mesmo um importante agente modelador da superfície terrestre. As condições naturais das regiões tropicais, caracterizadas em geral por chuvas abundantes e elevadas temperaturas, favorecem o desenvolvimento de um profundo intemperismo químico que conduz à produção de espessos regolitos, geradores de grande quantidade de material disponível para as fases posteriores de transporte e deposição. (IBGE, 2009, p. 106)

Enquanto processo natural, a erosão acontece sempre que se tem a presença de um agente transportador e as condições para que o processo se instale. No entanto, observa-se nos últimos anos uma aceleração desses processos devido a maneira como determinados grupos sociais se apropriam e transformam o ambiente, Goudie e Viles (1997), destacam principalmente a remoção da cobertura vegetal natural como principal fator de aceleração dos processos erosivos, dando destaque ao desmatamento e agricultura.

Especialmente em áreas rurais, a “erosão das vertentes, particularmente aquelas destituídas da cobertura vegetal, associada à precipitação e ao fluxo superficial, frequentemente causa a formação de uma rede de ravinas subparalelas” (IBGE, 2009, p. 107). A instalação dessas feições erosivas indica que o relevo é dotado de declividade suficiente para que o escoamento superficial ganhe velocidade e passe a criar incisões no solo, pois este encontra-se descoberto e passível de ser erodido.

Elementos como as formas do relevo, tipos de solos e a cobertura vegetal, tornam-se essenciais para a compreensão da vulnerabilidade ambiental relacionada aos processos erosivos, mas não somente isso, contribui para o planejamento e ordenamento territorial. De acordo com Criscuolo (2021, p. 52), o uso das geotecnologias para a obtenção de informações sobre um determinado recorte espacial, contribui “para a definição de políticas públicas capazes de traduzir os anseios da população em seus mais diversos territórios, adequados ao nível espacial em que deseja atuar”.

Reforça-se aqui a necessidade e importância das geotecnologias para o planejamento e organização do espaço, sobretudo considerando a relação entre os elementos físicos e sociais do ambiente. Guerra e Marçal (2014), destacam que as alterações promovidas pelos seres humanos no ambiente sempre aconteceram, no entanto tem sido cada vez mais potencializadas pelas tecnologias avançadas que refletem o anseio em relação a produção de recursos.

Na medida em que o espaço é produzido e organizado, surge a necessidade de conhecer as características do ambiente para que o planejamento seja realizado de modo a reduzir a vulnerabilidade ambiental relacionada aos processos erosivos. Em relação a apropriação e ocupação do relevo, descrito por Casseti (1995), destaca o papel da sociedade no processo de organização do espaço, ao usufruir de recursos naturais de maneira diferenciada, materializando as discrepâncias e contradições do modo de produção capitalista.

O modo como a sociedade se organiza e se materializa no espaço pode e é representada a partir de mapeamentos que ilustram os momentos históricos de transformação e produção do espaço geográfico. Espaço este, que de acordo com Santos (2004, p. 174), pode ser entendido enquanto testemunho, pois “ele testemunha um momento de um modo de produção pela memória do espaço construído, das coisas fixadas na paisagem criada”. De acordo com o autor, apesar de conservar determinados elementos, existe um processo de adaptação e transformação das formas deste espaço (Santos, 2004).

Esta concepção proposta por Santos (2004), pode ser aplicada quando se considera a importância de compreender os elementos físicos de um determinado ambiente, no processo de planejamento das atividades antrópicas a serem instaladas. A agricultura, apesar de transformar a paisagem, permanece utilizando de formas e estruturas anteriores (o relevo e o solo) e é afetada por dinâmicas como a pluviosidade, quando este novo uso não considera os elementos preexistentes, a probabilidade de surgirem problemas ambientais torna-se significativa.

É neste sentido que o uso das geotecnologias, ao agrupar informações e permitir a representação de dinâmicas, processos e formas, tem a capacidade de facilitar a compreensão da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos.

O modo como tem ocorrido a apropriação do relevo, transformando o uso da terra de acordo com as necessidades de determinadas classes sociais, potencializou

a vulnerabilidade do ambiente aos processos erosivos. A cobertura do solo, é substituída possibilitando a instalação de erosão, nas áreas rurais a agropecuária atua de maneira intensiva criando novas formas e dinâmicas que catalisam processos naturais como a erosão acelerada. Casseti (1995), entende essa relação entre sociedade e natureza ocorre de maneira predatória, reforçando o impacto desse modo de produção capitalista.

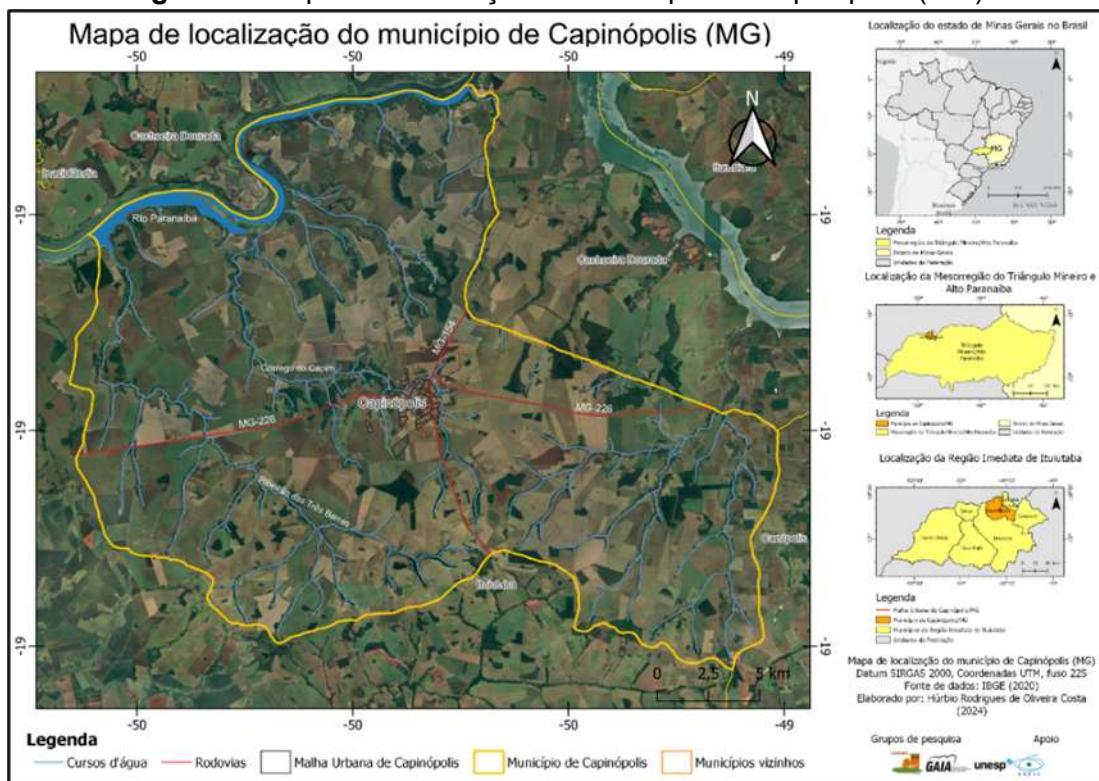
Considerando a vulnerabilidade enquanto conceito amplo e que pode estar associada a diferentes elementos, entende-se que o impacto dela estará sempre associada a perda material ou imaterial dos indivíduos que menos têm. No caso da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos, quem é prejudicado acaba sendo a sociedade e o próprio ambiente que vem sendo descaracterizado ao longo do tempo, afetando principalmente a morfodinâmica.

A noção de que os materiais e processos podem sofrer com o rompimento do equilíbrio, dinâmico, se torna importante ao entender que novas formas do relevo surgem a partir desse desequilíbrio, ou melhor, dinâmicas naturais como a morfogênese e a pedogênese são alteradas (Hack, 1960). Para Suertegaray (2001), entender essas transformações exige considerar que os seres humanos são seres naturais, mas que ao mesmo tempo se opõem à natureza, pois, na medida em que o ser humano evolui, técnica e cientificamente, sua capacidade de intervir no meio também avança.

Neste sentido o objetivo deste estudo foi identificar e caracterizar as formas do relevo a partir do mapeamento geomorfológico, adotando enquanto área de estudo o município de Capinópolis (MG). Identificar as formas do relevo, auxilia na compreensão do processo de uso e ocupação, visto que, especialmente para a agricultura, algumas formas do relevo passam a ser ocupadas com mais prioridade que outras. As formas do relevo, associadas ao tipo de solo, clima, declividade e uso da terra, passam a aumentar ou diminuir a intensidade da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos.

O município de Capinópolis (MG) está localizado na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, especificamente na Região Geográfica Imediata de Ituiutaba (Figura 1), da qual integram os municípios de Ituiutaba (MG), Cachoeira Dourada (MG), Ipiaçu (MG), Canápolis (MG), Santa Vitória (MG) e Capinópolis (MG).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Capinópolis (MG).



Org. Autor (2024).

Com uma área total de 620,716 km² o município conta, de acordo com o último censo do IBGE (2022), com uma população de 14.655 habitantes. Escolher o município enquanto área de estudo possibilita a identificação de diferentes formas de uso e ocupação do relevo, tanto na área urbana quanto na zona rural, evidenciando a vulnerabilidade ambiental e as consequências oriundas do rompimento do equilíbrio dinâmico dos processos naturais.

METODOLOGIA

Utilizando-se a interpretação de imagens (fotografias aéreas ou satélite) para identificação do uso e ocupação do relevo, mapeamento geomorfológico e transformações na paisagem, buscou-se autores que contribuíram para a identificação de elementos nas imagens selecionadas. A interpretação baseou-se em estudos desenvolvidos por Florenzano (2008), Nunes et. al (2006; 2008) e Pedro Miyazaki (2018). Para isso foram utilizadas imagens de satélite CBERS 4-A com resolução espacial de 2 metros, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE), bem como imagens extraídas do Google Earth Pro e transformadas em anaglifos (Pedro Miyazaki, Oliveira, 2020).

Estas imagens foram utilizadas na fotointerpretação das formas do relevo em 3D, com o intuito de identificar, localizar e processar informações que subsidiaram o mapeamento geomorfológico, de uso da terra, vegetação e se solos para o município. A interpretação das imagens foi realizada por meio do software QGis e do Google Earth Pro. No que tange a produção do mapeamento geomorfológico, foi necessário construir um mosaico de anaglifos, conforme metodologia apresentada por Pedro Miyazaki, Oliveira (2020) e Paranaíba (2023), que permitiriam extrair as feições do relevo no município de Capinópolis (MG), para isso, uma série de etapas foram adotadas.

A primeira etapa, após a delimitação da área de estudo, foi a elaboração de uma grade para direcionar a construção dos pares de imagens a serem extraídas do Google Earth Pro. A grade, ou grid, foi criada por meio do QGIS, em que cada quadrante possui 10 Km², cobrindo assim toda a área do município (Figura 2), na escala de 1:140.000.

Figura 2 - Grade criada para coletar as imagens do Google Earth Pro.



Org. Autor (2024).

Para cada quadrante foram extraídas do Google Earth duas imagens em alta qualidade, formando pares (esquerda e direita). No entanto, foi necessário configurar o software Google Earth, de acordo com as especificações encontradas em Pedro Miyazaki e Oliveira (2020), visando permitir uma maior qualidade para se trabalhar a

estereoscopia. Segundo as autoras, com o Google Earth aberto, é necessário acessar “Ferramentas” e depois “Opções”, para então seguir a seguinte configuração: “True Color 32bits; Alto; Pequeno; DirectX; Graus Minutos e Segundos; Metros quilômetros; Ampliar elevação em 3 e Use terreno de alta qualidade; Modo de visão habilitada para grande e infinito” (Pedro Miyazaki; Oliveira, 2020, p. 48), também foi habilitada a camada de Terreno, permitindo a visualização em 3D. Após configurado, inicia-se o processo de extração das imagens no Google Earth para formar o par a ser utilizado na produção dos anaglifos. Para que cada quadrante fosse transformado em um par estereoscópico, foi necessário capturar as imagens a partir de pontos de vista distintos da área de estudo. Para isso, a imagem era deslocada inicialmente para a direita e salva em arquivo; em seguida, realizava-se o deslocamento para a esquerda, gerando e salvando uma nova imagem. (Figura 3).

Figura 3 - Pares de imagens extraídas do Google Earth Pro, a) imagem da esquerda e b) imagem da direita.



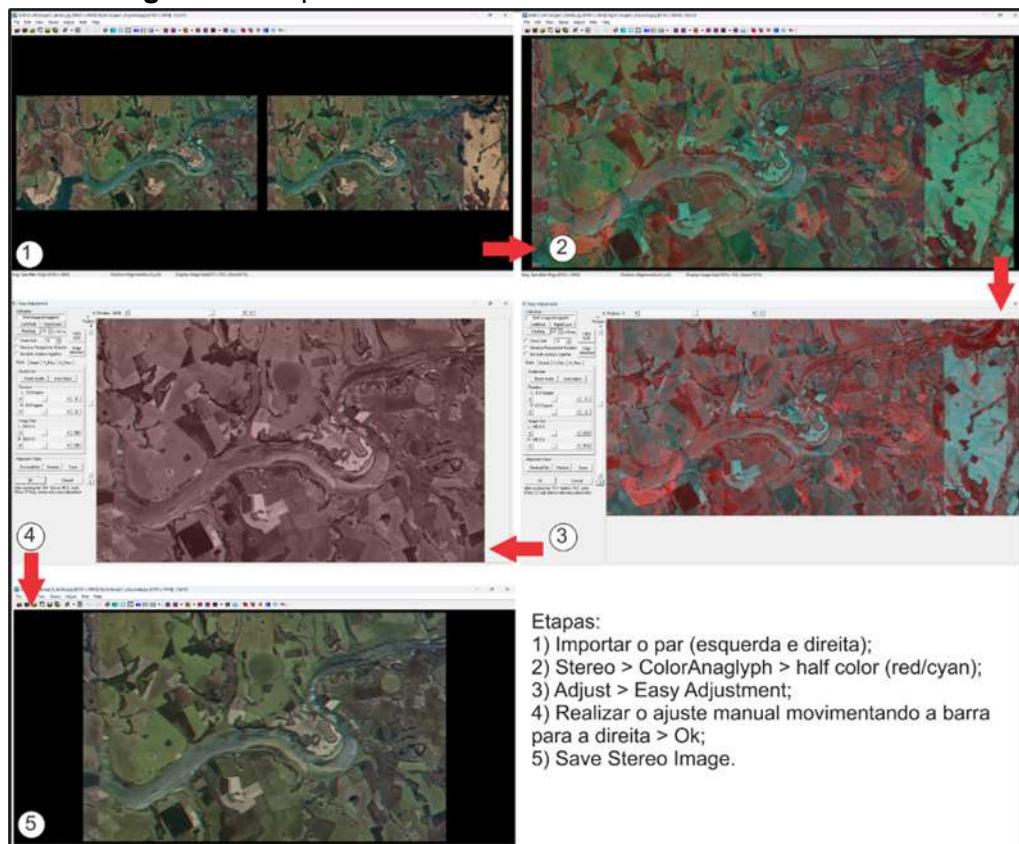
Org. Autor (2024).

As duas imagens representam o quadrante em questão, o processo foi realizado para doze quadrantes, o que foi o necessário para cobrir toda a área do município de Capinópolis. Assim que a extração das vinte e quatro imagens foi realizada, a próxima etapa envolveu a sobreposição dos pares, para assim criar o anaglifo. Esta etapa foi realizada no software StereoPhoto Maker, programa gratuito e de fácil utilização. Os pares foram importados para o software (Figura 4), sobrepondo-os por meio da ferramenta “ColorAnaglyph” e escolhendo a opção “red/cyan”.

As imagens ficam sobrepostas, no entanto possuem um deslocamento que impossibilita a visualização em 3D, sendo necessário “arrastar” uma imagem sobre a outra até que um objeto em comum nas duas imagens se encontre em sobreposição, essa etapa é realizada por meio da opção “Adjust” e “Easy Adjustment”. Até então as imagens apresentariam cores avermelhadas e azuladas, mas no momento em que se

sobrepõem, a imagem se torna uma só, aparecendo em tons de cinza. Ao clicar em “Ok”, retorna-se a página inicial do software e a imagem já aparece colorida e sendo possível visualiza-la em 3D.

Figura 4 - Etapas realizadas no software StereoPhoto Maker.



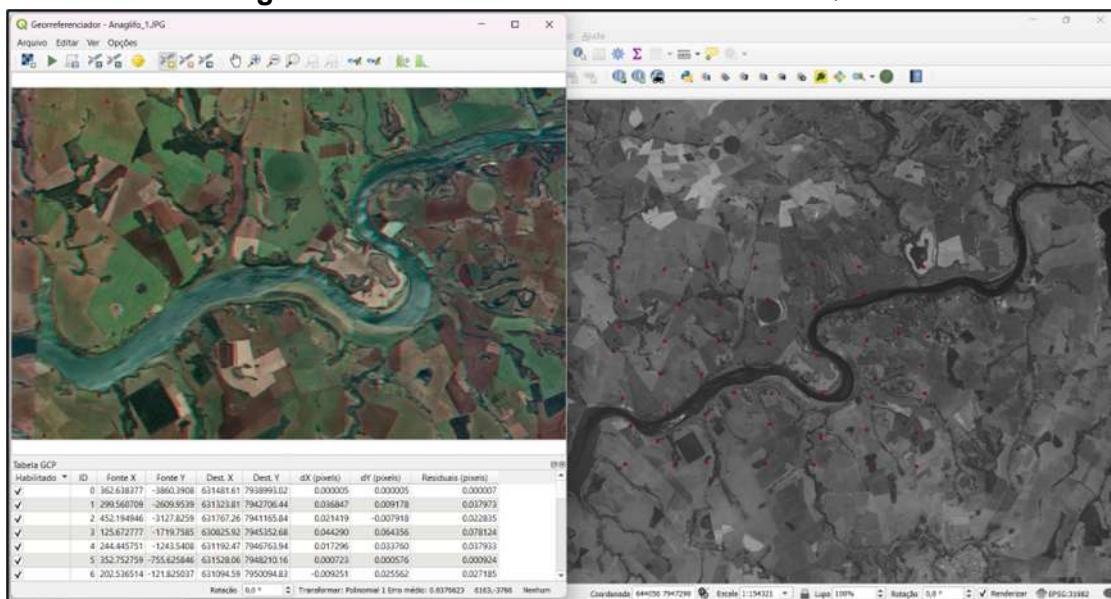
Org. Autor (2024).

O processo resultou em doze pares de imagens, que foram processadas para assim obter doze anaglifos, no entanto são imagens que precisam passar pelo processo de georreferenciamento, para se seja possível utilizá-las na produção do mapa geomorfológico. A etapa do georreferenciamento foi realizada dentro do software QGIS (Figura 5), utilizando uma imagem CBERS-4A como referência para localização e demarcação de pontos.

Neste sentido, na ferramenta “georreferenciador” foi realizado o processo para cada uma das doze imagens, identificando e demarcando o mesmo ponto no anaglifo e na imagem CBERS-4A para desta forma georreferenciar o anaglifo. Após a coleta dos pontos e escolher o sistema de coordenadas para o georreferenciamento, foi realizada a correção dos pontos, para conseguir o mínimo de distorção possível.

Assim que as doze imagens foram georreferenciadas, a próxima etapa consistiu em elaborar um mosaico com todas, facilitando o processo de mapeamento. Na ferramenta “Raster”, “Miscelânea” e depois “Mosaico”, foi possível inserir as doze imagens e criar um único raster para ser manuseado durante o mapeamento.

Figura 5 - Georreferenciamento no software QGIS.



Org. Autor (2024).

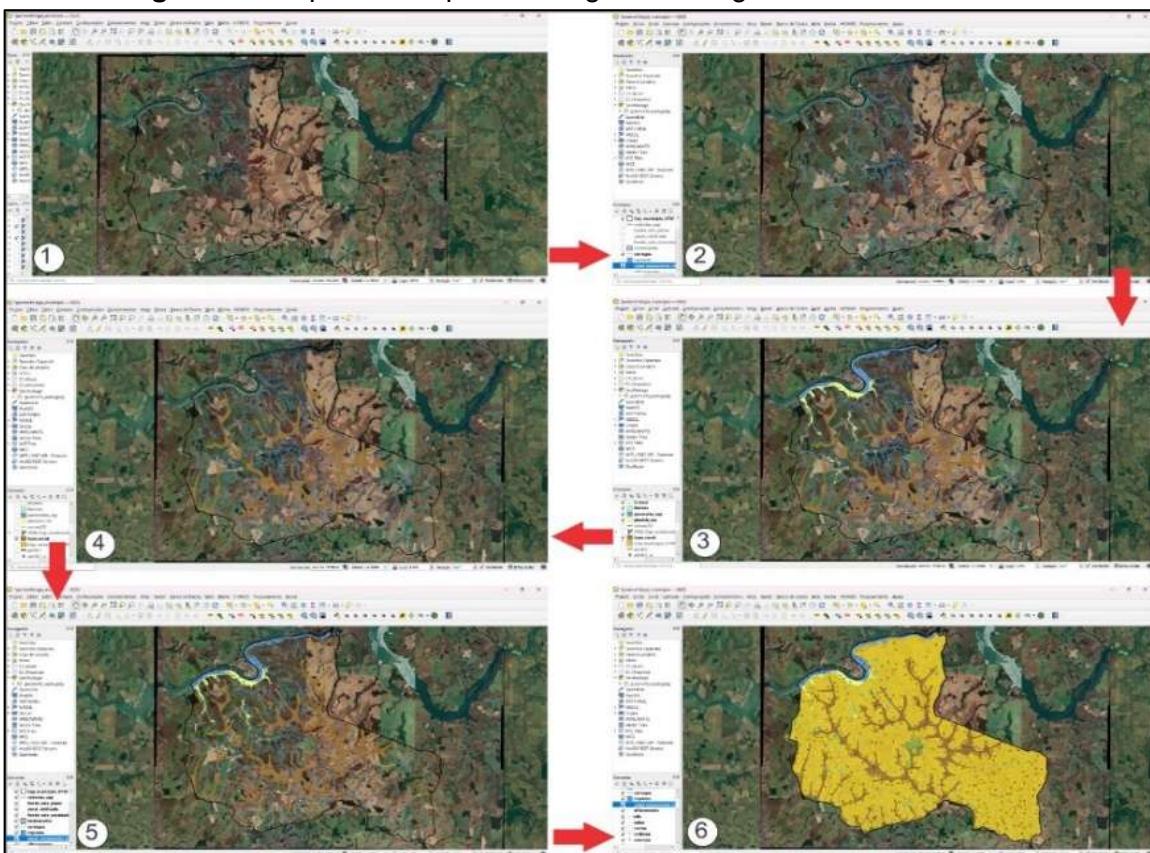
Para o mapeamento geomorfológico, realizado a partir da compartimentação topográfica, além do mosaico criado com os anaglifos, foi inserido o mapa base com imagens de satélite do Google Satellite que, por possuir melhor resolução espacial, permitia a melhor visualização de objetos que por vezes desapareciam no anaglifo.

Utilizando da metodologia apresentada por Pedro Miyazaki (2018) e Paranaíba (2023), para cada feição mapeada, foi criada uma camada a partir da seguinte sequência, “Camada”, “Criar nova camada” e “Nova camada shapefile”. Foram criadas camadas de linhas e polígonos de acordo com o objeto que seria mapeado (Figura 6).

A primeira camada mapeada foi a de canais fluviais, criando assim uma camada shapefile de linha, o desenho dos canais fluviais se deu a partir da identificação em 3D das áreas de menor elevação e que concentravam fluxos hídricos. A próxima camada foi a do divisor de águas, consistindo na linha que representa os pontos mais altos do relevo, de modo que ficasse nítido onde terminava uma vertente e outra se iniciava. Com os canais fluviais, canais de escoamento e divisores de água delimitados, a próxima etapa

consistiu em delimitar áreas de topo, planícies e terraços, feições em polígono que foram criadas de acordo com o que foi sendo observado na estereoscopia.

Figura 6 - Etapas do mapeamento geomorfológico no software QGIS.



Org. Autor (2024).

O processo de delimitação de feições segue com as morfologias de vertentes, divididas em côncavas, convexas e retilíneas, que, apesar de numa mesma vertente aparecerem diferentes morfologias, optou-se por delimitar de acordo com o predomínio. Por fim, foram delimitados processos erosivos do tipo linear, áreas de afloramento do lençol freático e a morfologia dos fundos de vale. Foram inseridas informações adicionais, como a malha urbana da cidade de Capinópolis (MG), o sistema rodoviário e o shapefile do Rio Paranaíba, contribuindo para o processo de localização e orientação. No que tange as simbologias adotadas no processo de elaboração do mapa (Figura 7), estas foram adaptadas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975).

Figura 7 - Simbologias adotadas no processo de elaboração do mapa geomorfológico.

COMPARTIMENTOS DE RELEVO			
	Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas		
	Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas		
	Planícies aluviais		
ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO	SÍMBOLO	
Formas de Vertente e Interflúvios	Côncava		
	Convexa		
	Retilínea		
	Morro Testemunho		
	Linha de cumeada		
	Colo Topográfico		
	Afloramento do aquífero freático suspenso		
	Feições erosivas	Sulcos	
		Ravinhas	
Ações das Águas Correntes	Canal Fluvial		
	Fundo de vale encaixado		
	Fundo de vale plano		
	Área de acumulação de planicie e terraço fluvial		
Modelado Antrópico	Topografia	Curvas de nível	
	Açude		
	Área Urbana		
	Rodovias		

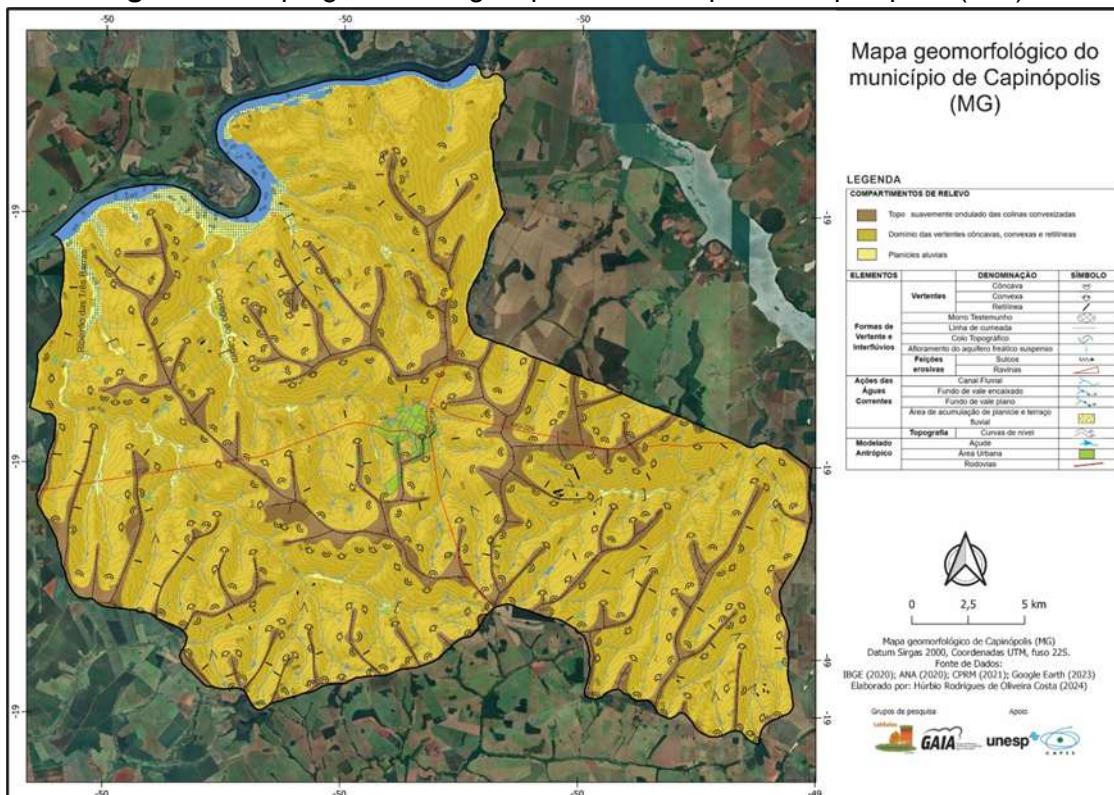
Org. Autor (2024).

Assim que o mapeamento foi elaborado, iniciou-se o processo de revisão e refinamento das feições, buscando torná-las o mais fidedignas possível, sobretudo comparando com informações que já haviam sido coletadas em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando da estereoscopia a partir dos anaglifos, foi elaborado o Mapa Geomorfológico do município de Capinópolis (MG) (Figura 8), delimitando os compartimentos geomorfológicos dos topos e vertentes, das colinas e as planícies aluviais, numa escala de 1:180.000, o que permitiu maior detalhamento dos objetos observados. A sobreposição das camadas para cada um dos elementos identificados durante o mapeamento, assim como um raster de relevo sombreado que emula a superfície do relevo em 3D, facilitaram a compreensão dos compartimentos e das formas do relevo.

Figura 8 - Mapa geomorfológico para o município de Capinópolis (MG).



Org. Autor (2024).

Além dos padrões de drenagem já descritos e agora representados no mapa, um dos componentes mapeados foram as áreas de topo das colinas suavemente onduladas (Figura 9), identificadas a partir do divisor de águas indo até o ponto em que se inicia a vertente, ou, ao que Guerra (1993) entende como parte mais elevada do relevo. No município, de modo geral, as áreas de topo são relativamente planas e apresentam certa uniformidade, em algumas faixas mais estreitas e outras mais amplas.

Figura 9 - Área de topo ocupada pelo cultivo de soja.



Org. Autor (2024).

Como demonstrado, essas áreas de topo possibilitam os cultivos como a soja, milho e sorgo, o que pôde ser percebido em grande parte do município durante trabalhos de campo e análise de imagens de satélite. A delimitação das áreas, permite compreender onde se iniciam as vertentes, contribuindo inclusive para identificar a morfologia destas. Pensando na existência de vertentes côncavas, convexas e retilíneas, torna-se importante identificar e descrever o modo como o escoamento superficial se comporta nessas morfologias, pois configura-se num dos elementos que podem acelerar processos erosivos.

As três morfologias foram identificadas em Capinópolis (MG), visto que, de acordo com Guerra (1993), na natureza é raro encontrar apenas uma, ou seja, frequentemente identifica-se uma combinação de duas morfologias ao longo da extensão de uma vertente. Para o mapeamento, o foco se deu a partir do predomínio de uma ou outra morfologia, classificando-as em côncavas, convexas ou retilíneas. Troeh (1965), relaciona a morfologia das vertentes com o direcionamento dos fluxos de água, indicando a forma como o escoamento se dispersa ou concentra-se.

Uma vertente côncava, por exemplo, possui características que permitem uma maior infiltração da água das chuvas, pois concentram o fluxo de escoamento para um único ponto ao centro. É comum que nesta morfologia de vertente, ocorra o surgimento de canais fluviais, afloramento de lençol freático ou funcionem como área de recarga para reservatórios de água subterrâneos.

Na área de estudo as vertentes côncavas, de modo geral, aparecem ocupadas por atividades como agricultura e pecuária, apresentando apenas resquícios de vegetação natural na baixa vertente onde aparecem afloramentos de água (Figura 10). O contraste entre o cultivo da soja e os resquícios de vegetação natural, revela que os seres humanos transformam e se apropriam dessa natureza até o limite permitido pela legislação.

O processo de uso e ocupação dessas vertentes côncavas demonstra a falta de preocupação em relação à infiltração e escoamento das águas pluviais. A partir do momento em que tal morfologia pode ser compreendida enquanto uma área de recarga hídrica, o tipo de vegetação passa a influenciar nos processos que ocorrem tanto em superfície, como também em subsuperfície. A presença de cultivos indica que a quantidade de água que infiltra e abastece os reservatórios de água tende a diminuir, em contrapartida o escoamento tende a aumentar significativamente.

Figura 10 - Vertente côncava ocupada pelo cultivo de soja.



Org. Autor (2024).

Para Troeh (1965), enquanto as vertentes côncavas tendem a concentrar os fluxos pluviais, as convexas têm como característica principal a dispersão do escoamento. Neste sentido, a água que escoa superficialmente tende a ser maior do que a que infiltra, visto que a morfologia da vertente direciona o fluxo de escoamento “para fora”. Ou seja, entende-se que a infiltração de água será relativamente menor do que na vertente côncava.

Na área de estudo as vertentes convexas (Figura 11), predominantemente foram também ocupadas pela agricultura e pecuária. A convexidade suave das vertentes, possibilitou que a agricultura mecanizada e intensiva se instalasse, alterando a cobertura vegetal de modo significativo e intensificando processos como o escoamento superficial, possibilitando o surgimento de algumas feições erosivas.

Figura 11 - Vertente convexa ocupada pelo cultivo de soja e por pastagem.

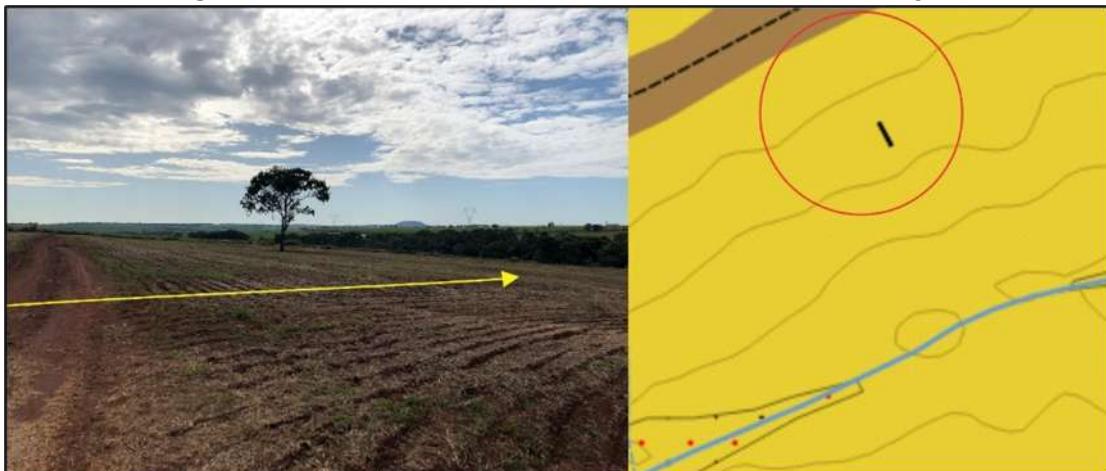


Org. Autor (2024).

Essas vertentes, enquanto morfologias dispersoras de fluxos hídricos tendem a direcionar o escoamento de água para uma vertente côncava próxima, ou ainda para os fundos de vale. A depender do uso e ocupação nessas vertentes convexas, tem-se uma alteração nos processos morfodinâmicos, nos quais a erosão e deposição são afetadas e transformam desde as vertentes até os fundos de vale.

A última morfologia de vertente se refere a do tipo retilínea, na qual as características principais consistem na predominância de escoamento superficial devido a inclinação da superfície. Na área de estudo, uma das vertentes retilíneas observadas próxima ao Ribeirão das Três Barras (Figura 12), também se encontra ocupada pela agricultura e com certa suavidade em relação à declividade. Apresentando aproximadamente 3% de declividade, trata-se de uma vertente retilínea com amplo comprimento de rampa na qual o fluxo de escoamento tende a ganhar velocidade pela gravidade, consequentemente adquirindo potencial erosivo.

Figura 12 - Vertente retilínea ocupada pelo cultivo de sorgo.



Org. Autor (2024).

Como consequência desse escoamento superficial, especialmente no período em que o solo se encontra mais exposto, surgem as feições erosivas. A principal feição erosiva identificada na área são os sulcos que acompanham os “caminhos” criados pelo maquinário durante o plantio.

No que tange a agricultura, quando instalada em vertentes retilíneas ou convexas, a relação entre as áreas de solo exposto e a precipitação de chuva, afeta e permite que processos erosivos como sulcos e ravinas se instalem. Como consequência, o material erodido tende a ser depositado nos fundos de vale e áreas de planície. Em campo não se

identificou feições erosivas maiores, pois entre o período de colheita e um novo plantio, o solo é revolvido e os sulcos deixam de existir.

Outro elemento mapeado e identificado em campo são as planícies e terraços fluviais, as primeiras aparecem em alguns pontos do município e se caracterizam por serem mais planas onde, de acordo com Guerra (1993), os processos de agradação superam os de degradação. No município, comumente se associa as planícies às áreas onde observa-se a ocorrência de veredas. Já os terraços fluviais foram observados nas margens do Rio Paranaíba (Figura 13), tendo por característica a formação de um degrau que marca a antiga planície de inundação do canal fluvial.

Figura 13 - Terraço fluvial do Rio Paranaíba.

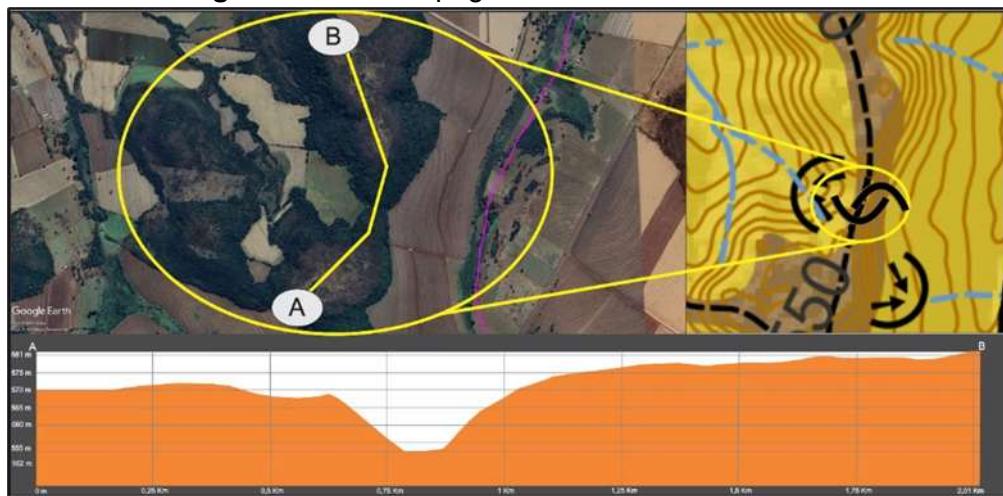


Org. Autor (2024).

Assim como as planícies e terraços, outro elemento identificado a partir do mapeamento geomorfológico, foi a presença de colo topográfico num relevo residual denominado como Morro do Gabriel (Figura 14). O perfil de elevação demonstra que existe um rebaixamento entre duas partes mais altas desse morro testemunho, uma espécie de descontinuidade do morro testemunho. Em comparação com o Morro do Bauzinho, este relevo apresenta menor elevação, mas em área é maior.

O uso de imagens do Google Earth Pro, bem como ferramentas de criação de perfis de elevação também disponíveis no software, auxilia na construção do conhecimento em relação à área de estudo. No caso do Morro do Gabriel, ainda não foram realizados trabalhos de campo, que se farão necessários sobretudo para compreender a formação rochosa e os processos que se deram na área de estudo, de modo a esculpir o relevo da forma como se apresenta na paisagem.

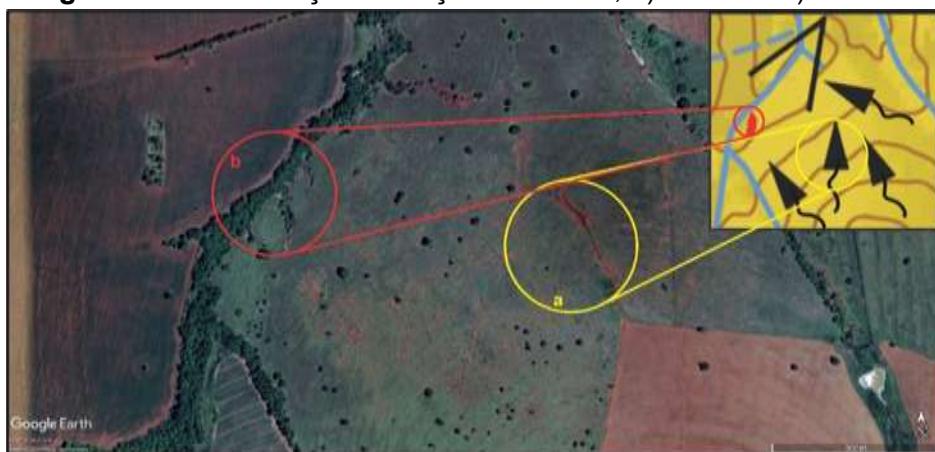
Figura 14 - Colo topográfico no Morro do Gabriel.



Org. Autor (2024).

Outro processo ligado à morfogênese e que pode ser identificado durante o mapeamento por meio dos anaglifos e com o auxílio de imagens do Google Earth Pro, consiste na erosão linear. Devido a litologia, clima e tipos de solo presentes na área de estudo, as feições erosivas se limitam aos sulcos e ravinas (Figura 15), o que pode ser explicado também pelo uso da terra, visto que entre um plantio e outro, o solo é revolvido e parte dessas feições desaparecem.

Figura 15 - Identificação de feições erosivas, a) sulcos e b) ravinas.



Org. Autor (2024).

As feições identificadas se encontram especialmente em áreas de pastagem, visto que o manejo para a formação de pastos decorre dentro de um período maior, assim é possível identificar sulcos e ravinas pelas imagens de satélite. A declividade do relevo, associada ao pisoteio do gado criando caminhos em busca de fontes de água,

bem como o tipo de solo, faz com que o escoamento ocorra de maneira concentrada, formando sulcos e em algumas áreas evoluindo para ravinias.

Relacionado aos recursos hídricos identificados no município de Capinópolis (MG), foram identificadas as represas e afloramentos de aquífero (Figura 16). As represas comumente são criadas nas áreas rurais, sobretudo para alimentar as rodas de água, que fornecem energia elétrica para atividades desenvolvidas na zona rural. Já os afloramentos de lençol freático aparecem nas imagens como áreas mais escuras, devido a presença de umidade. Na área de estudo foi possível identificar alguns pontos como o destacado na imagem, existindo ainda a necessidade de serem realizados trabalhos de campo para compreender melhor a realidade desses afloramentos.

Figura 16 - Represas e afloramentos de lençol freático.



Org. Autor (2024).

Na medida em que se comprehende as formas do relevo e os processos responsáveis pela esculturação destas, tem-se informações necessárias para relacionar com outros elementos físicos que contribuíram para produzir a paisagem da área de estudo. A litologia, clima e o relevo, por exemplo, são essenciais para compreender a origem dos tipos de solo identificados na área de estudo, que por sua vez contribuem para a diferenciação do uso da terra, tipos de vegetação e os possíveis impactos oriundos dos processos de apropriação e ocupação do relevo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como descrito anteriormente, Capinópolis apresenta um relevo suavemente ondulado, com a presença de colinas com topos amplos e suavemente ondulados que facilitaram a instalação de atividades econômicas como a agricultura de modo mais

intenso. Sobretudo nas últimas cinco décadas, o incentivo para a interiorização da produção, ainda mais devido o avanço do “agro” sobre o Cerrado, fez com que o relevo suavemente ondulado e solos desenvolvidos atraísse a atenção do mercado produtivo pela facilidade em inserir maquinários nessas áreas.

O mapeamento realizado, identificou as principais formas do relevo a partir dos pares de imagem que formavam o anaglifo e permitiram a visualização do relevo em três dimensões. O mapeamento, realizado a partir da extração de imagens de um software gratuito, permite que a metodologia seja replicada em outras áreas de estudo.

Quanto maior o nível de conhecimento sobre os elementos de um determinado ambiente, mais fácil se torna o processo de planejamento territorial, minimizando os impactos das atividades desenvolvidas. A vulnerabilidade ambiental, enquanto característica anterior do ambiente, passa a ser potencializada sobretudo pelo uso da terra, que acontece sobre as formas do relevo que são aos poucos apropriadas e ocupadas pelo modo de produção vigente.

REFERÊNCIAS

Agradeço à CAPES por contribuir financeiramente fornecendo a bolsa de mestrado e doutorado possibilitando a execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M. A. et al. Banco de dados geográficos. Curitiba: Mundogeo, 2005, p. 11-52.
- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 2^a ed., 1995. 147 p.
- CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CRISCUOLO, C. Geotecnologia e sua contribuição nas pesquisas escolares. In: Pesco conectando ideias: pensando o PESCO: reflexões sobre pesquisa e conhecimento na escola. Campinas, SP: Prefeitura Municipal de Campinas/ Secretaria Municipal de Educação, 2021. parte 1. p. 46-56
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In.: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 11 – 30.

- GOUDIE, A.; VILES, H. A. *The earth transformed: an introduction to human impacts on the environment*. Malden: Blackwell Publishing, 1997. 276p.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. *Geomorfologia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6^a ed., 2014. 190p.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. 8 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- HACK, J. T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. *American Journal Science*, New Haven, v. 258-A, p. 80-97, 1960.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico de geomorfologia*. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.
- NUNES, J. O. R. et al. Mapeamento Geomorfológico do Perímetro Urbano do Município de Presidente Prudente-SP, Goiânia. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Goiânia: SINAGEO, 2006.
- NUNES, J. O. R., et al. Contribuição do conhecimento geomorfológico para as análises em SIG: seleção de áreas para construção de aterro sanitário- Presidente Prudente/SP. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. (org.). *Geomorfologia: aplicação e metodologias*. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Pós-Graduação em Geografia, 2008.
- PARANAIBA, L. C. Mapeamento dos Compartimentos Geomorfológicos do município de Ituiutaba/MG como auxílio para o planejamento ambiental. 2023. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- PEDRO MIYAZAKI, L. C. Elaboração da carta de compartimentação geomorfológica para estudo do relevo na área urbana de Ituiutaba/MG. *Espaço em Revista*, Catalão, v. 19, n. 2, 2018. DOI: 10.5216/er.v19i2.49966. Disponível em: <https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/49966>.
- PEDRO MIYAZAKI, L. C.; OLIVEIRA, A. A. G. Anaglifo, fotointerpretação e imagens do Google Earth como alternativa para elaboração do mapeamento geomorfológico da Serra do Corpo Seco- Ituiutaba-MG (Brasil). *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana De Geografia Física e Ambiente*, 2020, v.2, nº 2, p. 43–65. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2978>.
- ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.
- SANTOS, M. Por uma Geografia Nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia Crítica.6 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. 285 p.
- SILVA, M. S. Sistemas de informações geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas. 2006. 167 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, 2006.

- SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. Rev. Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, n. 93, 2001.
- TÔSTO et al. Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta e a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- TRICART, J. Principes et méthodes de La géomorphologie. Paris: Masson e Cie, 1965.
- TROEH, F.R. Landform equations fitted to contour maps. American Journal of Science, v.263, p.616-627, 1965.
- VERSTAPPEN, H. T.; VAN ZUIDAM, R. A. ITC System of Geomorphological Survey. 3 ed. Amsterdam: ITC, 1975.