

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
GEOGRAFIA BACHARELADO**

BRENDA CHAIENE MARCELINO FREITAS

**ESTEREOSCOPIA DE BAIXO CUSTO PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA:
PRODUÇÃO DE PARES TRIDIMENSIONAIS E AVALIAÇÃO VISUAL EM
ATIVIDADES DE EXTENSÃO**

Campo Grande – MS

2026

BRENDA CHAIENE MARCELINO FREITAS

**ESTEREOSCOPIA DE BAIXO CUSTO PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA:
PRODUÇÃO DE PARES TRIDIMENSIONAIS E AVALIAÇÃO VISUAL EM
ATIVIDADES DE EXTENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia - Bacharelado, da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Colombo Mescolotti

Campo Grande – MS

2026

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – BACHARELADO

Às 9:30 horas do dia 23 de junho de 2026, reuniu-se a Banca Examinadora, sob Presidência da Professora Orientadora, para avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Geografia - Bacharelado da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Acadêmica: **Brenda Chaiene Marcelino Freitas**

RGA: 2022.2109.022-2

Título: **"O uso de imagens estereoscópicas como recurso didático nas aulas de Geografia"**

A banca composta pelos examinadores abaixo relacionados emitiu os seguintes conceitos:

Examinadores:

Conceito:

Prof^a. Dr^a. Patricia Colombo Mescolotti (Presidente)

Prof^a. Dr^a. Viviane Capoane (Membro)

Prof. Dr. Hudson de Azevedo Macedo (Membro)

Conceito Final: () Aprovado () Reprovado

Observação:

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, minha irmã e meu sobrinho, pelo apoio ao longo dessa trajetória acadêmica. Em especial, ao meu irmão, que sempre esteve ao meu lado me ajudando durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Patrícia Colombo Mescolotti, minha gratidão pela orientação, paciência e por ter me proporcionado a oportunidade de ingressar no mundo da pesquisa científica. Seu apoio foi fundamental para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço também a todos os professores do corpo docente, pelos ensinamentos, dedicação e contribuições durante toda a graduação, fundamentais para minha formação profissional e humana.

À universidade, por proporcionar oportunidades de aprendizado, extensão e pesquisa, permitindo o desenvolvimento deste trabalho e contribuindo para minha formação acadêmica.

Nolite te bastardes carborundorum.

RESUMO

A estereoscopia é uma técnica que permite a visualização tridimensional (3D) a partir de imagens bidimensionais (2D) captadas de ângulos diferentes, oferecendo percepção de profundidade e proporção. Esta pesquisa investigou a criação de pares estereoscópicos utilizando imagens do *software* gratuito *Google Earth Pro* e imagens obtidas por drone, com o objetivo de produzir pares estereoscópicos de baixo custo para divulgação científica. Foram analisadas seis áreas de relevo acidentado em Mato Grosso do Sul: Morro do Ernesto, Morro do Paxixi, Parque Natural Municipal Templo dos Pilares, das voçorocas em Bandeirantes e Figueirão e uma pedreira em Rio Verde de Mato Grosso. As imagens foram captadas com sobreposição de 60% entre fotografias consecutivas no *Google Earth Pro* e de 70% nas imagens obtidas por drone, valores adequados para a formação dos pares estereoscópicos. Posteriormente, os pares foram impressos e analisados com estereoscópios de mesa e de bolso. Os pares estereoscópicos de melhor visualização foram apresentados ao público externo da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) durante o evento de extensão GeoDia, quando foi aplicado um questionário a 48 participantes para avaliar a percepção da tridimensionalidade e a compreensão das formas de relevo. Dos participantes, 85,4% identificaram as formas de relevo com facilidade ou muita facilidade, indicando que a visualização tridimensional favoreceu a percepção espacial da paisagem. Conclui-se que a metodologia possibilita a produção de imagens estereoscópicas de baixo custo e apresenta potencial para ações de divulgação científica em Geociências.

Palavras-chave: Fotointerpretação, Geociências, Bacia Sedimentar do Paraná, Google Earth Pro, Relevo.

ABSTRACT

Stereoscopy is a technique that enables three-dimensional (3D) visualization from two-dimensional (2D) images acquired from different viewing angles, providing the perception of depth and spatial relationships. This study investigated the creation of stereoscopic image pairs using images obtained from the free Google Earth Pro software and drone imagery, with the aim of producing low-cost stereoscopic pairs for science communication. Six areas characterized by rugged terrain in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, were analyzed: Morro do Ernesto, Morro do Paxixi, Parque Natural Municipal Templo dos Pilares, gullies located in the municipalities of Bandeirantes and Figueirão, and a quarry in Rio Verde de Mato Grosso. The images were acquired with 60% overlap between consecutive photographs in Google Earth Pro and 70% overlap for the drone images, values considered suitable for the generation of stereoscopic pairs. The stereoscopic pairs were subsequently printed and analyzed using both mirror and pocket stereoscopes. The stereoscopic pairs with the best three-dimensional visualization were presented to the general public during the GeoDia outreach event held at the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), where a questionnaire was administered to 48 participants to evaluate the perception of three-dimensionality and the interpretation of landforms. Among the participants, 85.4% identified the landforms with ease or great ease, indicating that three-dimensional visualization enhanced the spatial perception of the landscape. It is concluded that the proposed methodology enables the production of low-cost stereoscopic images and has considerable potential for science communication activities in the Geosciences.

Keywords: Photointerpretation, Geosciences, Paraná Sedimentary Basin, Google Earth Pro, Relief.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha de referência.....	14
Figura 2 – Configuração do exagero vertical.....	14
Figura 3 – Marcação de polígonos para a sequência de fotos.....	16
Figura 4 – Delimitação da área de captura por meio da criação de uma malha de polígonos no Google Earth Pro.....	17
Figura 5 – Fotomosaico gerado da área escolhida.....	17
Figura 6 – Estereoscópio de mesa.....	19
Figura 7 – Visualização de fotos aéreas padrão.....	20
Figura 8 – Apresentação dos pares estereoscópicos à comunidade durante as edições de 2025 e 2026 do evento de extensão GeoDia no MS.....	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Estereoscopia e percepção tridimensional.....	10
2.2 Fotografias aéreas e produção de pares estereoscópicos.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1 Áreas de estudo.....	11
3.2 Obtenção dos pares estereoscópicos.....	12
3.3 Aplicação da metodologia e aquisição das imagens.....	18
3.4 Seleção e validação dos pares estereoscópicos.....	18
3.5 Aplicação nas atividades de divulgação científica e coleta de dados.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	28
APÊNDICE A — Formulário Avaliação da Percepção e Interpretação de	
Imagens 3D (estereoscopia).....	32

1. INTRODUÇÃO

A representação do relevo em mapas e imagens bidimensionais constitui um desafio para o público não especializado, uma vez que a interpretação de informações altimétricas exige habilidades de percepção espacial e abstração nem sempre desenvolvidas fora do contexto acadêmico. Essa limitação pode dificultar a compreensão das relações entre os elementos da paisagem e restringir a comunicação de conteúdos relacionados às Geociências.

Nesse contexto, recursos de visualização tridimensional têm se mostrado importantes para tornar a interpretação da paisagem mais acessível. Entre essas técnicas, a estereoscopia destaca-se por possibilitar a percepção de profundidade e relevo a partir da observação de pares de imagens bidimensionais, aproximando a representação cartográfica da percepção espacial cotidiana dos usuários.

Além disso, técnicas de sensoriamento remoto ampliam a percepção do espaço geográfico, contribuindo para uma melhor compreensão das relações espaciais representadas em mapas e imagens aéreas. Nesse sentido, a visualização tridimensional também auxilia na interpretação de conceitos geográficos fundamentais, como lugar, escala, localização e território, favorecendo o entendimento da organização do espaço (Albano; Crispim, 2016).

Embora a estereoscopia seja amplamente empregada em estudos de fotogrametria, cartografia e interpretação geomorfológica, sua utilização em atividades de divulgação científica ainda é pouco explorada, principalmente por meio de metodologias de baixo custo capazes de ampliar o acesso à visualização tridimensional do relevo.

Segundo Kubíček *et al.* (2019), as geovisualizações tridimensionais vêm sendo amplamente utilizadas em áreas como Geografia, Geologia, planejamento urbano e gestão ambiental devido ao seu potencial para facilitar a compreensão de fenômenos espaciais complexos. Nesse contexto, a representação em 3D favorece a percepção das formas do relevo e das relações espaciais, contribuindo para uma interpretação mais intuitiva da paisagem.

Desta forma, há necessidade de ampliar os recursos de visualização espacial utilizados na divulgação científica em Geografia e Geociências, principalmente em atividades voltadas ao público não especializado. Nesse sentido, a estereoscopia surge como uma alternativa importante, por possibilitar a visualização tridimensional

e melhorar a leitura da paisagem. Além disso, a utilização de ferramentas gratuitas e de baixo custo para a produção de pares estereoscópicos contribui para tornar essa técnica mais acessível, reduzindo custos e ampliando suas possibilidades de aplicação em ações de divulgação científica.

O objetivo desta pesquisa foi produzir pares estereoscópicos a partir de técnicas de baixo custo utilizando imagens do *Google Earth Pro* e de drone, e avaliar sua aplicabilidade na divulgação científica em Geociências, considerando a viabilidade da visualização tridimensional do relevo em comparação com métodos tradicionais de maior custo, como a aerofotogrametria.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estereoscopia e percepção tridimensional

A estereoscopia é uma técnica que utiliza duas imagens bidimensionais (2D) de uma mesma área, mas de ângulos diferentes, e quando as imagens são ajustadas em um estereoscópio permite a visualização em três dimensões (3D) da área selecionada. Isso acontece porque a estereoscopia permite a visão em perspectiva, onde ao observar a mesma cena de pontos de vista diferentes é possível enxergar proporção e profundidade (Lipton, 1982).

Tais sensações são causadas pela *paralaxe*, nome dado ao efeito de pontos de vista distintos de uma mesma cena devido a posição dos olhos humanos que são voltados para a mesma direção, assim uma imagem pertence ao olho esquerdo e a outra pertence ao olho direito (Lipton, 1982; Sampedro, 2015).

2.2 Fotografias aéreas e produção de pares estereoscópicos

As fotografias aéreas podem ser classificadas em oblíquas altas, oblíquas baixas e verticais, com desvios menores que 2°, dependendo da inclinação do eixo óptico da câmera utilizada na aeronave em relação a vertical (Vergara, 1971 apud Rodrigues; Zaine, 2015). As fotografias verticais são mais adequadas para a interpretação fotogeológica devido à sua projeção central, a definição das fotografias verticais é uniforme em toda a área imageada, qualitativamente similar às cartas

topográficas, com uma escala praticamente constante em comparação aos outros tipos de fotografias (Rodrigues; Zaine, 2015).

Em levantamentos foto aéreos verticais é necessário calibrar a escala onde a precisão depende da distância focal e de um voo em altura constante. A escala é determinada pela relação entre a distância focal e a altura do voo em relação ao terreno, ou pelo tamanho do objeto na imagem e seu tamanho real.

O exagero vertical do estereomodelo é um recurso importante na fotointerpretação geológica, definido como a relação entre as escalas vertical e horizontal. O exagero vertical, sendo predominantemente qualitativo, é considerado benéfico na interpretação fotogeológica, destacando feições topográficas diminutas de significado geológico. No entanto, mudanças abruptas de declive podem prejudicar a visão estereoscópica, dificultando a fusão e/ou convergência de pontos altos e baixos devido às limitações da visão humana.

A tomada aérea virtual requer uma abordagem sistemática, completa e racional, onde toda a região selecionada é meticulosamente coberta e que envolve um planejamento cuidadoso do voo, estabelecendo bandas ou linhas de voo para a aeronave seguir. O sentido do voo pode ser definido como N-S ou E-W, alternando a direção no final de cada banda para seguir para a próxima banda, paralelas entre si e igualmente espaçadas, capturando uma sequência de fotografias aéreas digitais, chamada de faixa de fotos. A sobreposição comum entre duas fotos consecutivas de uma mesma faixa deve ser entre 50% e 60%, enquanto entre bandas adjacentes, uma sobreposição lateral de cerca de 30% é ideal (Ricci; Petri, 1965 apud Rodrigues; Zaine, 2015; Vergara, 1971 apud Rodrigues; Zaine, 2015).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Áreas de estudo

Foram escolhidos três pontos geoturísticos de Mato Grosso do Sul, que tem grande relevância na geodiversidade do estado, para a obtenção dos pares estereoscópicos com o software *Google Earth Pro*, sendo eles: Morro do Ernesto ([-20.334475247733703](#), [-54.68718173489563](#)), Morro do Paxixi ([-20.45817073146159](#), [-55.63877500598228](#)) e o Parque Natural Municipal Templo dos Pilares ([-18.168090942661543](#), [-53.67642554881707](#)).

Adicionalmente, foram utilizados pares de imagens obtidas por drone em áreas de voçorocas nos municípios de Bandeirantes ([-19.657591292349856, -54.36947875929351](#)), Figueirão ([-18.71373629234989, -53.62285219303829](#)), bem como de uma pedreira em Rio Verde de Mato Grosso ([-18.926137147421215, -54.83948357750896](#)).

A escolha destes seis pontos se deu por serem áreas com relevo acidentado, com desnível acentuado que permitem um maior destaque nas imagens captadas. Vale destacar que a maioria destes pontos escolhidos são locais geoturísticos do Estado, permitindo maior conexão e reconhecimento do local pelo público.

Todas essas áreas localizam-se na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, uma extensa região de sedimentação no centro-oriental da América do Sul, cuja evolução ocorreu durante o Paleozóico e o Mesozóico, com registro estratigráfico que vai do Neo-Ordoviciano ao Neocretáceo, documentando cerca de 400 milhões de anos da história geológica fanerozóica (Milani, 1997).

O Morro do Ernesto está inserido na Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, caracterizada pelo predomínio de derrames basálticos mesozóicos que originam relevos residuais e colinosos sustentados por rochas vulcânicas resistentes ao intemperismo. O Templo dos Pilares, em Alcínópolis, e a voçoroca em Figueirão estão associados à Formação Botucatu, também integrante do Grupo São Bento, composta predominantemente por arenitos eólicos depositados em ambiente desértico, que dão origem a relevos ruiniformes e feições de destaque na paisagem. O Morro do Paxixi, encontra-se na Formação Aquidauana, pertencente ao Grupo Itararé, constituída principalmente por arenitos, siltitos, argilitos e diamictitos relacionados a ambientes fluviais, lacustres e influenciados por eventos glaciais do Neopaleozóico. Já a área da pedreira em Rio Verde de Mato Grosso está inserida na Formação Ponta Grossa, pertencente ao Grupo Paraná, composta por arenitos finos, siltitos e folhelhos depositados em ambiente marinho raso durante o Devoniano (Lacerda Filho *et al.*, 2006). A voçoroca localizada no município de Bandeirantes está no contexto da Bacia Sedimentar Bauru, com ocorrência de arenitos cretáceos do Grupo Caiuá indiviso (Capoane; Mescolotti, 2026).

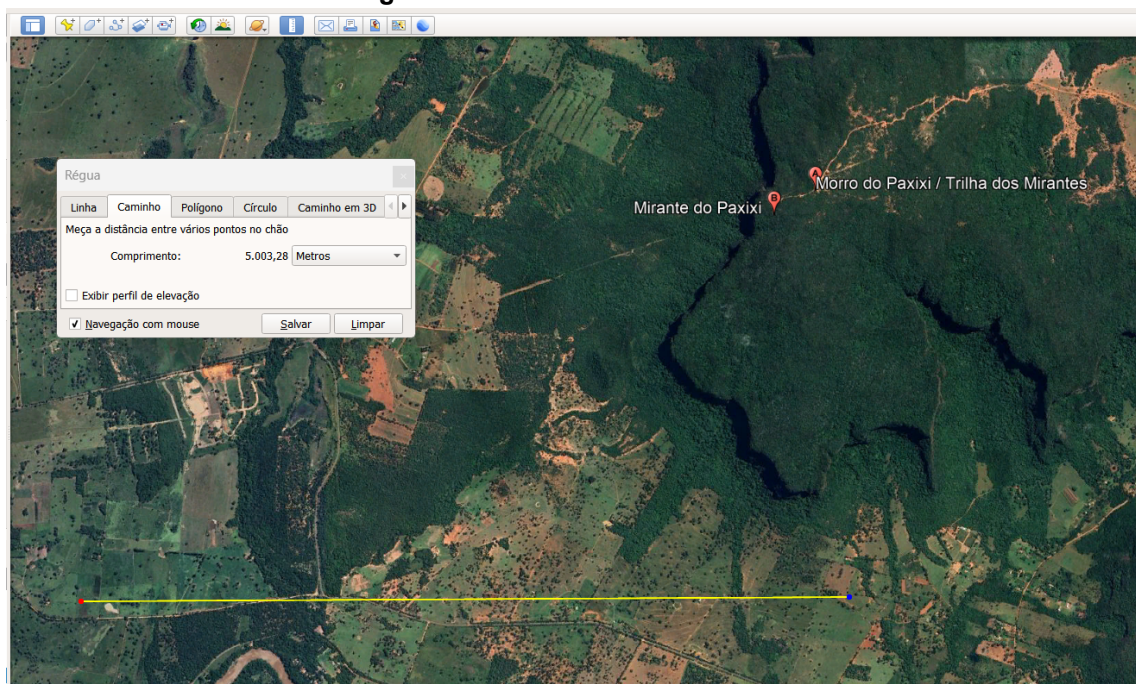
3.2 Obtenção dos pares estereoscópicos

A metodologia proposta para a geração dos pares estereoscópicos utilizando o *Google Earth Pro* fundamenta-se em Rodrigues e Zaine (2015), que adaptaram ao ambiente digital os princípios clássicos da aerofotogrametria e da fotointerpretação geológica descritos por Ray (1963 apud Rodrigues; Zaine, 2015), Ricci e Petri (1965 apud Rodrigues; Zaine, 2015) e Vergara (1971 apud Rodrigues; Zaine, 2015). Esses princípios contemplam aspectos relacionados aos tipos de fotografias aéreas, à escala fotográfica, ao exagero vertical, ao levantamento fotoaéreo e à elaboração de fotomosaicos.

Para a obtenção dos pares estereoscópicos, inicialmente deve-se selecionar a área de interesse no *Google Earth Pro*, dando preferência a regiões com relevo acidentado, como morros, escarpas ou voçorocas, onde as diferenças de altitude e profundidade sejam mais evidentes. Após a escolha da área, recomenda-se restabelecer a orientação padrão da interface do programa acessando Visualizar → Redefinir → Inclinação e bússola, garantindo que a inclinação e o norte geográfico permaneçam corretamente alinhados durante toda a captura das imagens.

Em seguida, realiza-se a calibração da escala utilizando a ferramenta Régua → Caminho. A linha de referência deve ser posicionada o mais próximo possível da área de estudo e sua medição deve ser efetuada em terreno plano ou sobre corpos d'água, minimizando possíveis distorções provocadas pelo relevo. A linha deve possuir 5 km de extensão (Fig. 1), correspondendo à largura total da imagem exibida e que será posteriormente capturada no *Google Earth Pro*. Dessa forma, a linha de referência representa o enquadramento da imagem utilizada para a obtenção dos pares estereoscópicos. Após sua criação, deve-se clicar em Salvar e ajustar suas extremidades utilizando o zoom. Caso ocorra alteração na inclinação da visualização durante esse procedimento, recomenda-se repetir o comando Visualizar → Redefinir → Inclinação e bússola, garantindo o correto alinhamento da imagem.

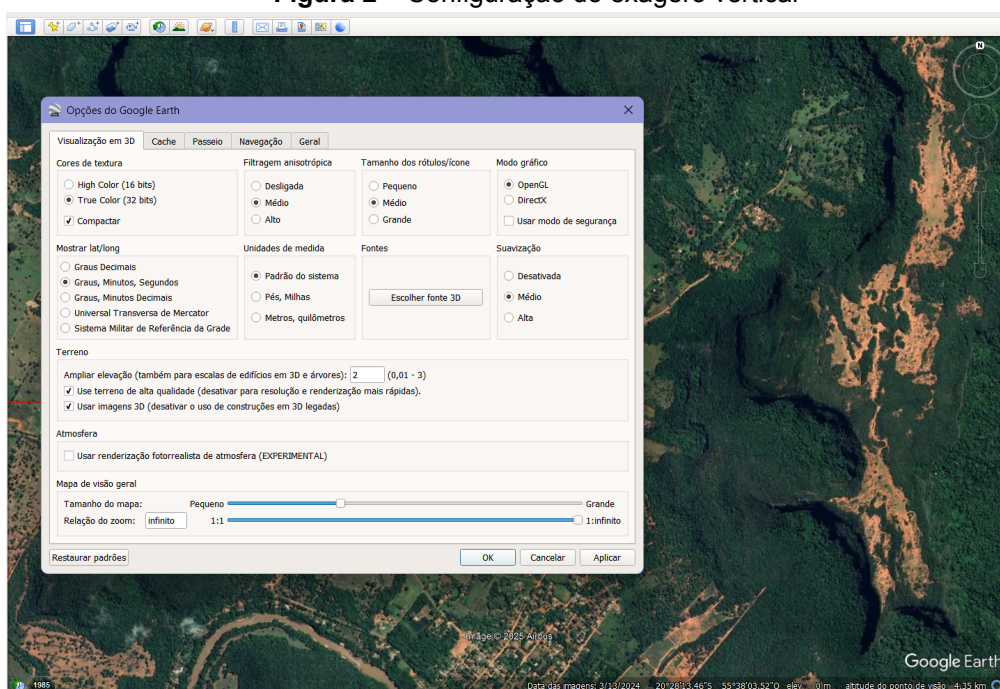
Figura 1 – Linha de referência



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O próximo passo é configurar o exagero vertical acessando Ferramentas → Opções → Terreno → Ampliar elevação. O *Google Earth Pro* permite valores entre 0,01 e 3 vezes a representação do terreno virtual. Neste trabalho foi adotado exagero vertical igual a 2 vezes (Fig. 2), com o objetivo de realçar as diferenças altimétricas e facilitar a percepção do relevo.

Figura 2 – Configuração do exagero vertical



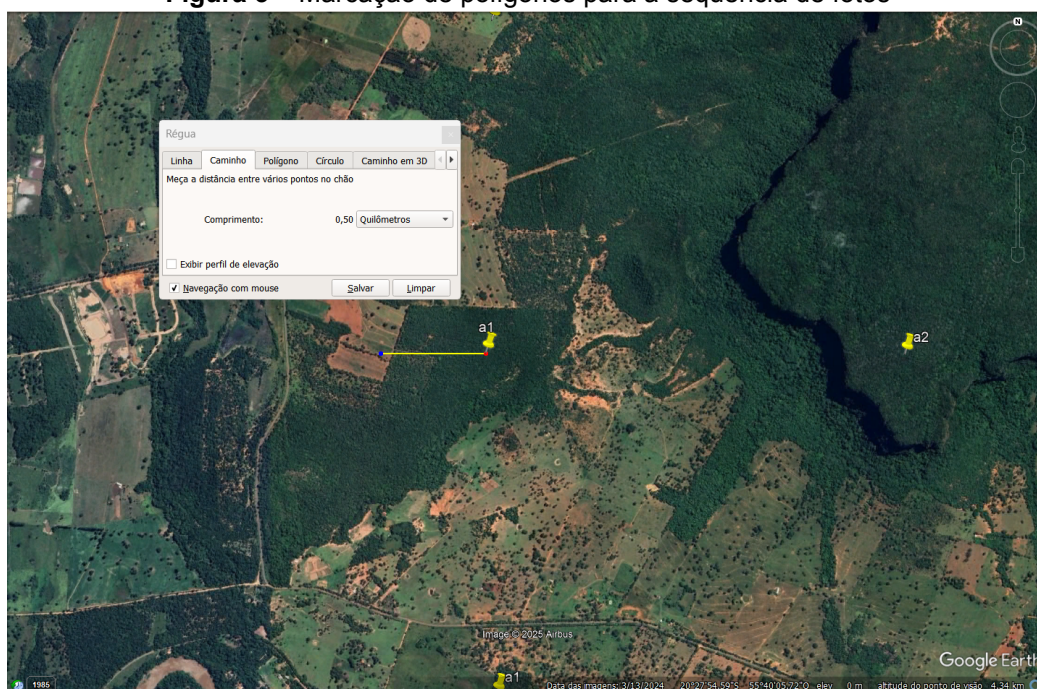
Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Após esses ajustes, inicia-se o levantamento aerofotogramétrico virtual. A captura das imagens deve ser realizada em faixas paralelas, seja no sentido Oeste–Leste ou Norte–Sul, simulando o percurso realizado por uma aeronave em um levantamento fotogramétrico convencional. Ao atingir o final de cada faixa, inicia-se uma nova linha paralela no sentido oposto, formando um percurso em zigue-zague. As fotografias consecutivas devem apresentar 60% de sobreposição longitudinal.

Antes do salvamento de cada imagem, realiza-se a marcação do centro e das extremidades da fotografia da imagem que serão a referência de sobreposição longitudinal, para isso usamos Ctrl + Shift + P, e para facilitar a identificação de cada linha feita os marcadores devem ser nomeados com uma letra e a cada imagem um número. (EX: a1, a2, a3...)

As imagens são exportadas utilizando o comando Ctrl + Alt + S. Na janela Opções de mapa, todas as informações sobrepostas devem ser desmarcadas e a resolução máxima deve ser selecionada antes do salvamento. Também é necessário ocultar os marcadores para evitar que sejam registrados na imagem final.

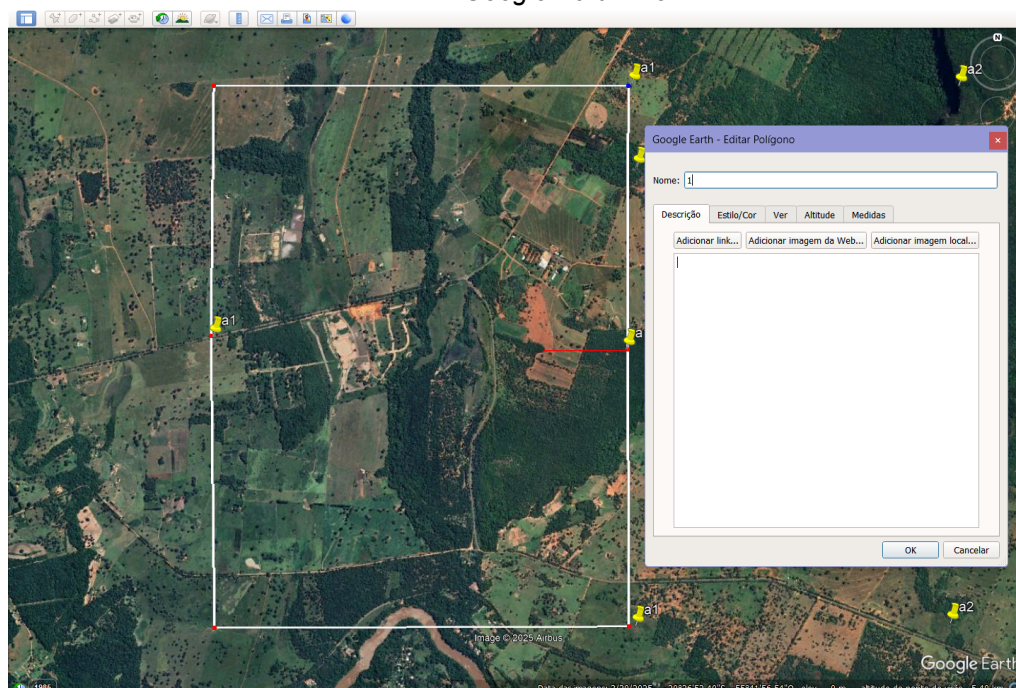
Após a exportação da primeira imagem, procede-se à captura da imagem seguinte (Fig. 3), mantendo 60% de sobreposição longitudinal entre fotografias consecutivas. Para isso, utiliza-se novamente a ferramenta Régua → Caminho → Salvar, posicionando a referência de forma a preservar a área comum entre as imagens. Durante esse deslocamento recomenda-se utilizar preferencialmente as teclas direcionais (← ↑ → ↓), empregando o mouse apenas para pequenos ajustes de posicionamento, evitando alterações na inclinação da visualização.

Figura 3 – Marcação de polígonos para a sequência de fotos

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Ao final de cada faixa, inicia-se uma nova linha paralela utilizando novamente a ferramenta Régua para manter o espaçamento entre as faixas de captura. Após a obtenção de todas as imagens, utiliza-se a ferramenta Polígono (Fig. 4) para delimitar individualmente cada fotografia, permitindo organizar a sequência capturada e verificar a cobertura da área de estudo.

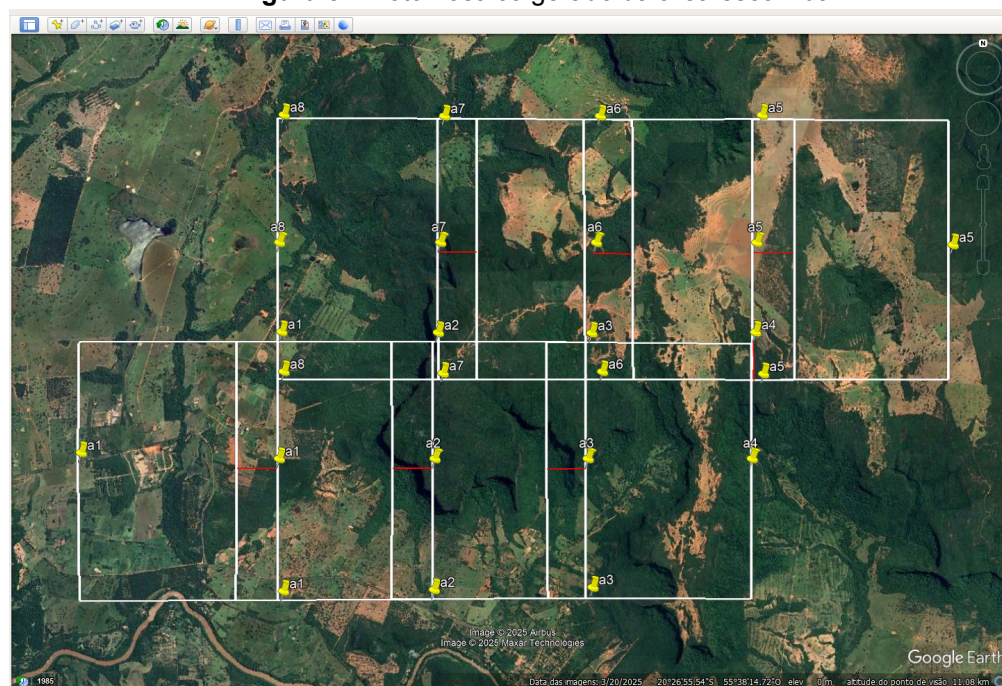
Figura 4 – Delimitação da área de captura por meio da criação de uma malha de polígonos no *Google Earth Pro*



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O resultado final consiste em um fotomosaico composto por imagens sistematicamente sobrepostas (Fig. 5), possibilitando a seleção dos pares estereoscópicos mais adequados para a visualização tridimensional do relevo.

Figura 5 – Fotomosaico gerado da área escolhida



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

3.3 Aplicação da metodologia e aquisição das imagens

Entre setembro de 2024 e agosto de 2025, foram produzidos pares estereoscópicos para o Morro do Ernesto, o Morro do Paxixi e o Parque Natural Municipal Templo dos Pilares utilizando imagens obtidas no *Google Earth Pro*.

A captura das imagens foi realizada de forma sistemática, simulando um levantamento aerofotogramétrico virtual no sentido Oeste–Leste e Sul-Norte. Foram estabelecidas duas faixas paralelas de aquisição, mantendo 60% de sobreposição longitudinal entre fotografias consecutivas e cerca de 30% de sobreposição lateral entre faixas adjacentes, com exagero vertical configurado para 2 vezes a representação do terreno virtual conforme recomendado por Rodrigues e Zaine (2015). As imagens foram exportadas em resolução máxima e organizadas em fotomosaicos, possibilitando a seleção dos pares estereoscópicos destinados às análises.

Além dos pares estereoscópicos produzidos no *Google Earth Pro*, foram utilizadas imagens obtidas por drone nas áreas de voçorocas localizadas nos municípios de Bandeirantes e Figueirão e em uma pedreira situada no município de Rio Verde de Mato Grosso.

O imageamento aéreo foi realizado com um drone modelo DJI Mavic 3E, pertencente à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, utilizando plano de voo automatizado a uma altitude de 120 metros para garantir a cobertura sistemática das áreas estudadas. As imagens foram adquiridas com sobreposição de 70%.

Como complemento, para a voçoroca localizada no município de Bandeirantes também foram produzidos Modelos Digitais de Superfície (MDS) a partir das imagens obtidas pelo drone, posteriormente impressos em impressora 3D. Esses modelos foram utilizados como recurso complementar para comparação entre diferentes formas de representação tridimensional do relevo.

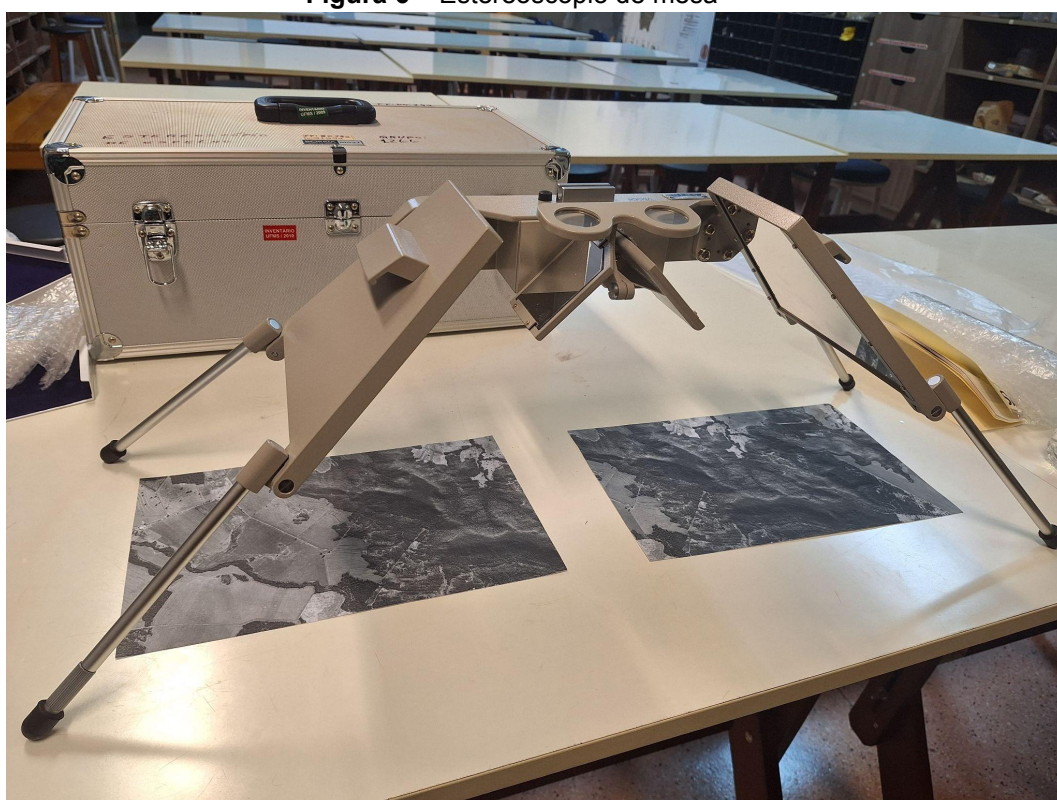
3.4 Seleção e validação dos pares estereoscópicos

Após a obtenção das imagens foram produzidos mais de um par estereoscópico para cada área estudada. Em seguida, realizou-se a seleção dos pares que apresentaram melhor qualidade de visualização tridimensional,

considerando a nitidez das imagens, a adequada sobreposição entre fotografias consecutivas e a capacidade de evidenciar as feições geomorfológicas.

Em seguida, selecionaram-se os pares de imagens que melhor evidenciaram a percepção de profundidade e as características do relevo das áreas estudadas. O teste para validação da qualidade das imagens foi realizado com o auxílio de estereoscópio de mesa modelo *Sokkia MS27* (Fig. 6) e de bolso, ambos pertencentes ao Laboratório de Geologia e Paleontologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Figura 6 – Estereoscópio de mesa



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Os pares estereoscópicos foram avaliados pelo pesquisador e pela professora orientadora, em duas sessões de observação (Fig. 7), com o objetivo de verificar a ocorrência dos efeitos desejados de visualização tridimensional do relevo. Como critério de validação, considerou-se principalmente a qualidade da observação estereoscópica, especialmente a adequada fusão das imagens e a clareza na percepção tridimensional do relevo.

Figura 7 – Visualização de fotos aéreas padrão

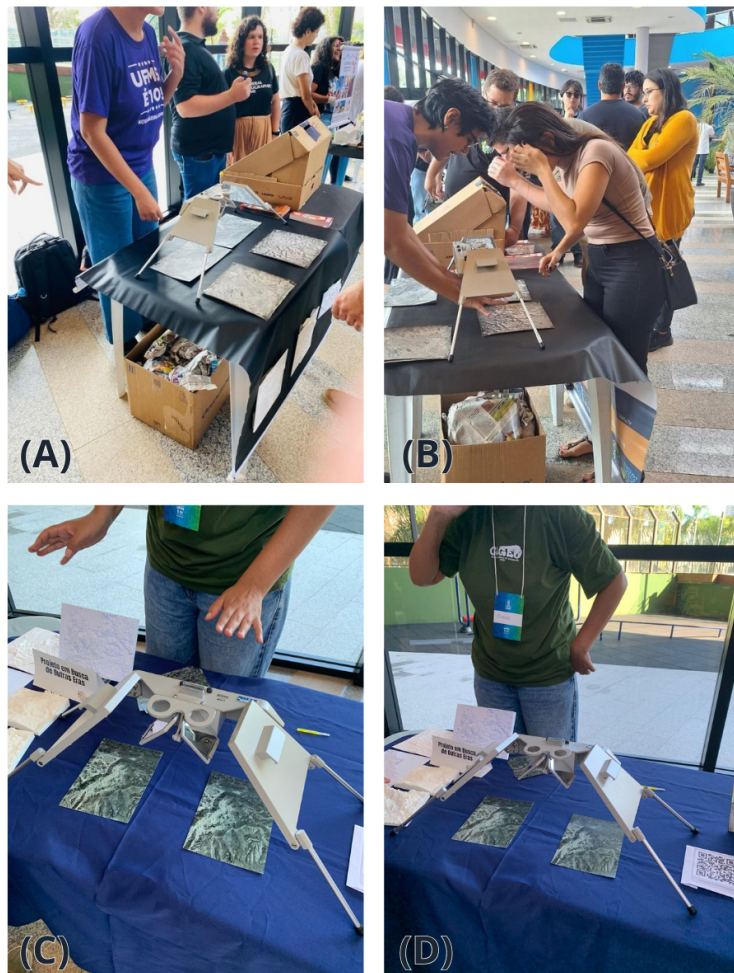


Fonte: Arquivo pessoal (2025)

3.5 Aplicação nas atividades de divulgação científica e coleta de dados

Os pares estereoscópicos com melhor visualização tridimensional feitos a partir do *Google Earth Pro* foram apresentados à comunidade em geral durante dois eventos de extensão, um realizado em abril de 2025, o 3º GeoDia de Mato Grosso do Sul, que contou com a participação de mais de 50 visitantes (Fig. 8), e no 4º GeoDia no MS (abril de 2026), com participação de mais de 100 visitantes. Imagens estereoscópicas captadas por drone também foram apresentadas durante o 4º GeoDia de Mato Grosso do Sul, impressas em alta resolução. Em ambos os eventos foi utilizado apenas o estereoscópio de mesa.

Figura 8 – Apresentação dos pares estereoscópicos à comunidade durante as edições de 2025 e 2026 do evento de extensão GeoDia no MS. (A) Apresentação na 3ª edição do GeoDia no MS (2025). (B) Demonstração da visualização estereoscópica durante a 3ª edição do GeoDia no MS (2025). (C) Estereoscópio de mesa usado na 4ª edição do GeoDia no MS (2026). (D) Apresentação da visualização estereoscópica durante a 4ª edição do GeoDia de Mato Grosso do Sul (2026).



Fonte: Elaborado pela autora (2025/2026)

Na ocasião do 4º GeoDia também foi aplicado um formulário composto por dez questões, sendo oito fechadas e obrigatórias e duas abertas e opcionais, caracterizando a pesquisa como quali-quantitativa. O instrumento foi elaborado com o objetivo de coletar informações sobre a percepção de profundidade, a interpretação das imagens estereoscópicas e a experiência dos participantes durante a atividade. Ao todo, foram obtidas 48 respostas, coletadas por meio da plataforma *Google Forms*, as quais subsidiaram as análises apresentadas neste estudo. O formulário aplicado encontra-se disponível no Apêndice A.

Os participantes da pesquisa foram visitantes que compareceram ao evento de extensão 4º GeoDia no MS, constituindo um público espontâneo e não previamente selecionado. O grupo foi composto predominantemente por estudantes,

além de visitantes gerais interessados em atividades de divulgação científica, totalizando 48 participantes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as seis áreas previamente citadas, foram obtidos dois ou três pares de imagens estereoscópicas de cada local, selecionados de acordo com a melhor qualidade de visualização do relevo e a maior eficiência na percepção da profundidade. A escolha desses pares considerou a nitidez das imagens, a adequada sobreposição entre elas e a capacidade de proporcionar a fusão estereoscópica, permitindo a visualização tridimensional das feições geomorfológicas de cada área estudada.

A única área em que não foi possível obter um resultado satisfatório foi o Parque Natural Municipal Templo dos Pilares. Os pares estereoscópicos produzidos não apresentaram diferença de profundidade suficiente para promover a fusão estereoscópica adequada, permanecendo com aparência predominantemente plana, mesmo após tentativas de realce das imagens por meio de ajustes de contraste e coloração.

O insucesso na obtenção de um efeito estereoscópico satisfatório para o Parque Natural Municipal Templo dos Pilares pode ser explicado pela elevada cobertura vegetal da área, que dificultou a identificação das diferenças de profundidade entre as imagens. Esse comportamento é consistente com os resultados apresentados por Kerschner *et al.* (2024), que demonstraram que a vegetação densa provoca oclusões capazes de mascarar as feições do terreno, reduzindo a percepção da profundidade e comprometendo a visualização estereoscópica. Segundo Kerschner *et al.* (2024), embora o aumento da abertura sintética, obtida pela combinação de múltiplas imagens captadas a partir de diferentes posições para simular uma base estereoscópica maior, possa minimizar parcialmente essas oclusões, essa estratégia reduz o contraste e a nitidez das imagens, diminuindo a acuidade estereoscópica e dificultando a percepção das disparidades necessárias para a formação do relevo tridimensional.

Essa limitação também pode ser explicada com base nos princípios da fotogrametria descritos por Wolf *et al.*, que destacam que a interpretação estereoscópica depende da identificação dos mesmos pontos do terreno identificado

nas duas imagens que compõem o par estereoscópico. Quando a superfície do terreno é encoberta pela vegetação, esses pontos passam a representar predominantemente o dossel arbóreo, em vez da morfologia do relevo, comprometendo a correspondência entre as imagens e, conseqüentemente, a percepção estereoscópica. Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo corroboram a literatura ao demonstrar que a presença de cobertura vegetal densa constitui uma limitação importante para a produção de pares estereoscópicos destinados à visualização do relevo, mesmo quando são empregadas imagens de boa qualidade.

A avaliação da recepção da atividade com visualização de pares estereoscópicos durante a 3ª edição do GeoDia foi realizada de forma exclusivamente qualitativa, não havendo aplicação de instrumentos para coleta sistemática de dados ou percepções dos participantes. Ainda assim, as observações realizadas durante a atividade indicaram uma receptividade bastante positiva por parte do público. De modo geral, os participantes demonstraram surpresa e entusiasmo ao visualizar as imagens em três dimensões por meio do estereoscópio.

Na 4ª edição do GeoDia, foi possível realizar uma análise quali-quantitativa da percepção dos participantes por meio da aplicação de um formulário estruturado para avaliação da experiência com a visualização estereoscópica, contando com 48 respostas.

Os resultados obtidos indicam um perfil de público bastante heterogêneo em termos de faixa etária, com predominância de participantes jovens (14 a 20 anos), mas também com presença significativa de adultos entre 26 e 44 anos. Essa distribuição sugere que a atividade de extensão alcançou diferentes grupos etários, o que é relevante do ponto de vista da divulgação científica, pois demonstra a capacidade da estereoscopia de dialogar tanto com o público escolar quanto com participantes já inseridos no ensino superior ou no mercado de trabalho. Essa diversidade contribui para a avaliação da técnica em diferentes níveis de letramento espacial e familiaridade com geotecnologias.

No que se refere à experiência prévia com visualização estereoscópica, observa-se que a ampla maioria dos participantes (87,5%) teve contato com a técnica pela primeira vez durante a atividade. Esse resultado evidencia que a estereoscopia ainda é pouco difundida no cotidiano do público geral, reforçando seu potencial como recurso de divulgação científica e ampliação do acesso a formas de

visualização tridimensional do espaço geográfico. Por outro lado, a pequena parcela que já havia tido algum contato prévio, principalmente em contextos como o cinema ou em atividades acadêmicas pontuais, indica a existência de uma familiaridade indireta com a ideia de tridimensionalidade, o que pode ter favorecido a adaptação inicial à técnica durante a experiência.

A predominância de participantes com ensino superior (56,3%) deve ser considerada na interpretação dos resultados, uma vez que esse perfil pode apresentar maior familiaridade com conteúdos científicos.

Em relação à percepção do efeito tridimensional, os resultados foram altamente positivos, uma vez que praticamente todos os participantes conseguiram perceber o efeito 3D em algum nível, com predominância das respostas “com facilidade” e “com muita facilidade”. Esse dado indica que a metodologia de construção e apresentação dos pares estereoscópicos foi eficiente, permitindo a fusão visual adequada e a compreensão do relevo em perspectiva tridimensional. Esse desempenho sugere que, quando bem estruturada, a estereoscopia é uma ferramenta de fácil assimilação mesmo para indivíduos sem experiência prévia.

De forma complementar, os resultados relacionados à identificação de formas de relevo reforçam essa conclusão, já que a maioria dos participantes conseguiu reconhecer feições como morros, encostas e variações de altitude com facilidade ou muita facilidade. Isso demonstra que a estereoscopia não apenas produz o efeito tridimensional perceptivo, mas também contribui diretamente para a leitura geomorfológica da paisagem, facilitando a compreensão de conceitos espaciais que, em imagens bidimensionais, tendem a ser mais abstratos.

Esse aspecto fica ainda mais evidente quando se analisa a contribuição da visualização 3D em comparação com imagens bidimensionais. A maioria dos participantes avaliou que a técnica facilitou bastante ou muito a compreensão do relevo, o que reforça seu potencial didático. Esse resultado indica que a estereoscopia atua como um mediador importante na construção do raciocínio espacial, reduzindo a dificuldade de interpretação de formas do relevo e ampliando a capacidade de análise da paisagem.

Embora Hirmas *et al.* (2014) tenham avaliado resultados de aprendizagem em ambiente universitário e o presente estudo tenha investigado a percepção do público em atividades de divulgação científica, ambos evidenciam que a visualização tridimensional favorece a interpretação do relevo e das relações espaciais. Enquanto

Hirmas *et al.* (2014) verificaram que a utilização de imagens estereoscópicas, especialmente com o *Google Earth Pro*, contribuiu para melhores resultados de aprendizagem em conteúdos de Geografia Física, nesta pesquisa a elevada proporção de participantes que identificou as formas de relevo com facilidade demonstra que a estereoscopia também apresenta potencial para comunicar conceitos geomorfológicos a públicos não especializados.

Quanto ao desconforto visual, observa-se que a maioria dos participantes não relatou nenhum tipo de desconforto, enquanto uma parcela menor indicou desconforto leve ou moderado. A ausência de relatos de desconforto intenso sugere que a metodologia aplicada foi, em geral, confortável para a visualização. No entanto, a presença de casos de desconforto leve e moderado indica que fatores como tempo de observação, qualidade do alinhamento dos pares e características individuais de adaptação visual podem influenciar a experiência, sendo aspectos que devem ser considerados em aplicações futuras.

A avaliação geral da atividade reforça de forma contundente a aceitação da técnica, uma vez que quase 90% dos participantes atribuíram nota máxima à experiência. Esse resultado evidencia um alto nível de satisfação e indica que a estereoscopia foi percebida não apenas como uma ferramenta eficaz, mas também como uma experiência positiva e envolvente. Isso sugere um forte potencial motivador da técnica.

Por fim, as respostas abertas consolidam a interpretação dos dados quantitativos, destacando elementos como percepção de profundidade, realismo das imagens e melhor compreensão das formas de relevo. Esses relatos indicam que a estereoscopia contribui significativamente para a construção de uma experiência mais imersiva, aproximando o observador da realidade espacial representada. Além disso, o reconhecimento de detalhes que não seriam facilmente percebidos em imagens bidimensionais reforça a importância da técnica como recurso de divulgação científica em Geociências, ampliando a capacidade de interpretação da paisagem e favorecendo uma compreensão mais aprofundada das formas e processos geomorfológicos representados.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a construção dos pares estereoscópicos foi, de modo geral, eficiente para a percepção tridimensional do relevo, uma vez que a maioria dos participantes conseguiu identificar o efeito 3D e reconhecer feições geomorfológicas com facilidade. Esse desempenho sugere que a

metodologia adotada, especialmente a seleção de imagens com adequada sobreposição e boa nitidez, favoreceu a fusão estereoscópica e a leitura espacial das formas de relevo.

Durante o 3º e o 4º GeoDia no Mato Grosso do Sul, foi utilizado um estereoscópio de mesa, equipamento que apresenta custo relativamente elevado, o que pode limitar a ampla disseminação da estereoscopia em diferentes contextos de divulgação científica. Entretanto, os testes realizados neste estudo demonstraram que os pares estereoscópicos produzidos a partir do *Google Earth Pro* também apresentaram boa qualidade de visualização em estereoscópios de bolso, que possuem menor custo e maior portabilidade. Dessa forma, o uso desse tipo de equipamento representa uma alternativa viável para ampliar o acesso à técnica, especialmente em vários âmbitos. Além disso, o desenvolvimento de estereoscópios de mesa confeccionados com materiais de baixo custo, desde que preservem a qualidade da visualização estereoscópica, constitui outra possibilidade para tornar essa tecnologia mais acessível e favorecer a popularização da estereoscopia como recurso de divulgação científica.

Embora o uso de drones represente um investimento inicial relativamente elevado, especialmente quando comparado a ferramentas gratuitas como o *Google Earth Pro*, seu custo é significativamente inferior ao da aerofotogrametria convencional realizada por aeronaves tripuladas. Essa tecnologia reduz os custos operacionais ao eliminar a necessidade de aeronaves, equipes especializadas extensas e logística complexa de voo. Além disso, oferece maior flexibilidade na aquisição das imagens, permitindo a realização de levantamentos sob demanda, com elevada resolução espacial, rapidez na coleta de dados e possibilidade de monitoramento periódico das áreas de interesse.

A elevada proporção de participantes sem experiência prévia com a técnica (87,5%), aliada ao fato de que a maioria conseguiu perceber o efeito tridimensional com facilidade, indica que a estereoscopia apresenta grande potencial como recurso de divulgação científica, uma vez que possibilita a compreensão intuitiva do relevo mesmo por públicos não especializados.

Além disso, a alta aceitação da atividade e a predominância de avaliações positivas indicam que a estereoscopia também exerce um papel motivador, ampliando o engajamento do público com conteúdos de Geociências. Esse aspecto é relevante porque recursos de visualização espacial interativa têm sido associados

à maior aproximação entre o público e a ciência, especialmente em contextos de divulgação científica.

Os relatos qualitativos reforçam os resultados quantitativos ao destacarem a sensação de profundidade, o realismo das imagens e a melhor compreensão do relevo como principais percepções dos participantes. Esses achados indicam que a estereoscopia não apenas contribui para a interpretação geomorfológica, mas também proporciona uma experiência visual mais imersiva, consolidando-se como uma ferramenta eficaz de divulgação científica em Geociências.

Como perspectivas para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação do estudo para o campo da educação formal, investigando a aplicação da estereoscopia como recurso didático em diferentes níveis de ensino e disciplinas relacionadas às Geociências. Também é importante diversificar e ampliar o público-alvo, incluindo amostras mais equilibradas entre diferentes faixas etárias, níveis de escolaridade e contextos socioculturais, a fim de avaliar com maior precisão o desempenho da técnica em diferentes perfis de usuários. Além disso, novas pesquisas podem explorar a comparação entre estereoscopia, imagens bidimensionais e outras geovisualizações 3D digitais, buscando identificar com maior rigor seus impactos na aprendizagem e na percepção espacial. Como proposta de solução prática, destaca-se o desenvolvimento de equipamentos e metodologias mais acessíveis, como estereoscópios de baixo custo e o uso de tecnologias digitais interativas, visando ampliar a democratização do acesso a esse tipo de visualização e favorecer sua incorporação em atividades de ensino e divulgação científica.

Embora os resultados obtidos evidenciam o potencial da estereoscopia como ferramenta de divulgação científica, algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos achados. A pesquisa foi realizada com uma amostra de conveniência, composta por participantes que compareceram espontaneamente ao 4º Geodia no Mato Grosso do Sul, não sendo representativa da população em geral. Além disso, houve predominância de participantes com ensino superior, o que pode ter influenciado a facilidade de interpretação das imagens e a percepção das formas de relevo. Outra limitação refere-se ao fato de a avaliação ter sido realizada em um único evento de extensão, restringindo a análise a um contexto específico de aplicação. Também não foi realizada uma comparação objetiva entre a visualização estereoscópica e imagens bidimensionais, nem foram avaliados os ganhos de

aprendizagem decorrentes da utilização da técnica, aspectos que poderiam fornecer evidências mais robustas sobre sua efetividade.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo produzir pares estereoscópicos de baixo custo a partir de imagens obtidas no *Google Earth Pro* e por drone e avaliar sua aplicabilidade em atividades de divulgação científica em Geociências. Os resultados obtidos demonstram que esse objetivo foi alcançado, evidenciando que a metodologia proposta é tecnicamente viável e capaz de produzir pares estereoscópicos com boa qualidade de visualização, favorecendo a percepção tridimensional do relevo e a interpretação da paisagem por públicos não especializados.

Foram produzidos pares estereoscópicos para seis áreas localizadas no estado de Mato Grosso do Sul. Em cinco delas, a metodologia permitiu a obtenção de imagens com boa visualização tridimensional do relevo. Em contrapartida, a elevada cobertura vegetal observada no Parque Natural Municipal Templo dos Pilares comprometeu a percepção da profundidade, impedindo a obtenção de um efeito estereoscópico satisfatório.

A aplicação da metodologia durante o 4º GeoDia Mato Grosso do Sul evidenciou o potencial da estereoscopia como ferramenta de divulgação científica. A maioria dos participantes teve seu primeiro contato com a técnica durante a atividade e relatou facilidade para identificar as formas de relevo, além de atribuir avaliações altamente positivas à experiência. As respostas qualitativas reforçaram esses resultados ao destacarem a sensação de profundidade, o realismo das imagens e a maior facilidade para compreender a organização da paisagem.

Como limitações da pesquisa, destacam-se a utilização de uma amostra de conveniência composta por participantes de um único evento de extensão, com predominância de indivíduos com ensino superior, e a ausência de comparações quantitativas entre a visualização estereoscópica e imagens bidimensionais, bem como de avaliações objetivas sobre os efeitos da técnica na compreensão da paisagem.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a aplicação da metodologia em diferentes contextos de divulgação científica, envolvendo públicos

com distintos perfis etários e níveis de escolaridade. Também são sugeridos estudos comparativos entre a estereoscopia, imagens bidimensionais e outras formas de visualização tridimensional, bem como investigações sobre diferentes parâmetros de aquisição de imagens e o desenvolvimento de estereoscópios de baixo custo. Essas iniciativas poderão ampliar o acesso à técnica e fortalecer seu uso como ferramenta de divulgação científica em Geociências, além de explorar seu potencial de aplicação em contextos educacionais.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, A.; CRISPIM, L. C. O uso das imagens de satélite como recurso didático no ensino de Geografia. **Pesquisar – Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia**, Florianópolis, v. 3, n. 4, p. 46-57, 2016.
- AUMONT, J. **A imagem**. Tradução de Estela dos Santos Abreu e Cláudio C. Santoro. 16. ed. Campinas: Papirus, 1993.
- CAPOANE, V.; MESCOLOTTI, P. C. **Paisagens encouraçadas na Bacia Sedimentar Bauru: dinâmica geomorfológica de um morro testemunho em Bandeirantes, Mato Grosso do Sul**. Mossoró: UERN, 2026. (Coleção Geomorfologia do Brasil). E-book *Processos e Formas de Vertente*. 86 p. ISBN 978-85-7621-578-3.
- HIRMAS, D. R. *et al.* Effects of seating location and stereoscopic display on learning outcomes in an introductory physical geography class. **Journal of Geoscience Education**, Norman, v. 62, n. 2, p. 295-308, 2014.
- KERSCHNER, R. *et al.* *Stereoscopic depth perception through foliage*. **Scientific Reports**, London, v. 14, art. 23056, 2024.
- KUBÍČEK, P. *et al.* Identification of altitude profiles in 3D geovisualizations: the role of interaction and spatial abilities. **International Journal of Digital Earth**, Abingdon, v. 12, n. 2, p. 156-172, 2019.
- LACERDA FILHO, J. V. *et al.* **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul: texto explicativo dos mapas geológicos e de recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: CPRM, 2006. Escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil – PGB.
- LIPTON, L. **Foundations of the stereoscopic cinema: a study in depth**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. 225 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- RAY, R. G. **Aerial photographs in geological interpretation and mapping**. Tradução de Jesuino Felicíssimo Júnior. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, 1963.
- RICCI, M.; PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1965.
- RODRIGUES, F.; ZAINE, J. E. Geração de imagens estereoscópicas a partir de produtos do Google Earth com aplicações no mapeamento geotécnico e geoambiental. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**, 15., 2015, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. São Paulo: ABGE, 2015.

SAMPEDRO, P. P. Análise de sistemas de produção de imagens estereoscópicas baseados em câmeras com uma única objetiva. **Revista Cippus**, Canoas, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2015.

VERGARA, M. L. L. **Manual de fotogeologia**. Madri: Servicio de Publicaciones de la J.E.N., 1971.

WOLF, P. *et al.* **Elements of photogrammetry with applications in GIS**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

**APÊNDICE A — Formulário Avaliação da Percepção e Interpretação de
Imagens 3D (estereoscopia)**

<https://forms.gle/BKxXeMyzEVxE4rRd7>