

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE DRONE E O MÉTODO NÍVEL DE MANGUEIRA NA OBTENÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

DOI: 10.5281/zenodo.18923135

Daniel Kodama da Silva; Davi Augusto Campos Rek; Pedro Henrique Barretti Rosseto; André Campos Colares Botelho; Felipe Pires Chaves

danielkodama221@gmail.com; davirek230703@gmail.com; pedrorosseto07@gmail.com; andre.botelho@fema.edu.br; felipe.chaves@fema.edu.br

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro, técnico e infraestrutural da Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA)

Resumo: Este estudo apresenta uma análise comparativa entre o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) e o método tradicional de nível de mangueira para a obtenção de curvas de nível. O objetivo principal consistiu em avaliar a eficiência temporal, a precisão e os custos operacionais de ambas as técnicas no campus da Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA). A metodologia envolveu o levantamento aéreo com um drone DJI Mavic 3 Multispectral, processado no software Agisoft Metashape, em paralelo ao levantamento manual fundamentado no princípio dos vasos comunicantes. Os resultados demonstraram que a tecnologia de drones reduziu o tempo total de execução em aproximadamente 80% e proporcionou um detalhamento altimétrico superior, com a geração de 35 curvas de nível em comparação às 31 obtidas manualmente, viabilizada por uma nuvem de pontos de alta densidade. Conclui-se que, embora o método tradicional permaneça viável para projetos de pequeno porte e baixo orçamento, o uso de drones demonstra superioridade em produtividade e detalhamento de dados para a topografia contemporânea.

Palavras-chave: Topografia. Drone. Curvas de nível.

Abstract: This study presents a comparative analysis between the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and the traditional water level method for obtaining contour lines. The primary objective was to evaluate temporal efficiency, precision, and operational costs of both techniques at the Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA) campus. The methodology involved an aerial survey using a DJI Mavic 3 Multispectral drone, processed with Agisoft Metashape software, alongside a manual survey based on the communicating vessels principle. Results showed that drone technology reduced total execution time by approximately 80% and provided superior altimetric detail, generating 35 contour lines compared to the 31 obtained manually, enabled by a high-density point cloud. It is concluded that while the traditional method remains viable for small-scale and low-budget projects, the use of drones demonstrates superiority in productivity and data detail for contemporary topography.

Keywords: Topography. Drone. Contour lines.

Introdução

O presente estudo realizou uma análise comparativa na obtenção de curvas de nível — representações fundamentais do relevo — confrontando duas abordagens distintas. Inicialmente, avaliou-se o método tradicional de nível de mangueira e, subsequentemente, o uso do drone *DJI Mavic 3 Multispectral* para mapeamento. O objetivo central constituiu em verificar se a tecnologia de aerofotogrametria supera ou iguala a precisão e confiabilidade da técnica manual.

A hipótese principal que norteou este estudo sugeriu que a tecnologia dos drones tenderia a substituir o trabalho manual, devido à sua capacidade de oferecer coleta de dados mais rápida, eficiente e com cobertura extensiva, superando as limitações de acessibilidade e tempo.

Ressalta-se que todas as operações aéreas seguiram estritamente as regulamentações de segurança do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2024) Por fim, a seção de Resultados e Discussão trará a análise detalhada de todos os fatores que determinaram em que medida o drone supera ou iguala a eficiência do método manual tradicional.

1. Fundamentação teórica

Fundamentando-se em Pamboukian (2019), observa-se que tecnologias como o *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e drones vêm modernizando a topografia, oferecendo alternativas eficientes aos métodos convencionais. Contudo, apesar da agilidade trazida pelos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), a validação da exatidão desses levantamentos semiautomatizados é crucial para garantir a segurança técnica dos projetos, conforme apontado por Júnior, Rolim Neto e Oliveira Andrade (2024).

No que tange aos métodos, a técnica tradicional de nível de mangueira caracteriza-se pelo baixo custo e fundamenta-se no princípio físico dos vasos comunicantes. Já o mapeamento por drones emprega a aerofotogrametria e sensores de alta precisão para a geração de dados geoespaciais.

Dentro dessa perspectiva, embora o uso de tecnologias remotas seja frequentemente associado a um potencial ganho em agilidade e densidade de dados, Fortunato (2018) pondera que o emprego de aparelhos sofisticados não substitui necessariamente os métodos tradicionais. Segundo o autor, as técnicas podem atuar de forma complementar, sendo a escolha definida pela necessidade real de cada projeto, considerando fatores como economia, qualidade ou produtividade. Sob essa ótica, o presente trabalho busca analisar se a premissa de viabilidade do método manual em projetos de menor escala e com restrições orçamentárias se sustenta perante as capacidades das tecnologias contemporâneas.

2. Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa, com o propósito de avaliar e comparar a eficácia de diferentes métodos de levantamento. O estudo foi conduzido no campus "José Santilli Sobrinho" da FEMA, local escolhido por oferecer as condições necessárias e logística favorável para a execução das operações topográficas controladas.

A execução do estudo foi dividida em quatro etapas práticas, sequenciais e paralelas, conforme detalhado a seguir:

1. Seleção e Caracterização da Área de Estudo: A etapa inicial da pesquisa consistiu na delimitação da área experimental. O setor selecionado compreende a região posterior ao Bloco 10, estendendo-se até as proximidades da divisa do campus com a Avenida

Getúlio Vargas. A escolha desse local deu-se estrategicamente por apresentar uma superfície com vegetação rasteira (área limpa) e topografia de fácil acesso, condições ideais para a comparabilidade entre os métodos manual e remoto. O ponto central da área de estudo localiza-se nas coordenadas geográficas 22°38'36.52"S 50°25'9.59"O, abrangendo uma área total de 1.350m². Segue imagem para visualização.

Figura 1 - Área de Estudo - Comparativo VANT x Método Tradicional.



Fonte: Google Earth (2026)

2. Levantamento de Campo com Drone: Utilizou-se o equipamento *DJI Mavic 3 Multispectral*. Após a obtenção da autorização de voo junto ao DECEA, o plano de missão foi executado por meio de sobrevoos sistemáticos sobre a área de estudo. Para garantir a qualidade do mapeamento, o drone operou a uma altitude constante de 70 metros e manteve uma velocidade de cruzeiro de 4,9 m/s (17,64 km/h). Durante a operação, o sensor capturou 125 de imagens aéreas de alta resolução, assegurando a sobreposição necessária para a coleta de dados geoespaciais e a posterior reconstrução tridimensional da superfície em tempo reduzido.
3. Levantamento Manual com Nível de Mangueira: Paralelamente à coleta automatizada, aplicou-se o método convencional de nivelamento geométrico simples com mangueira de nível. Para a execução do trabalho de campo, utilizaram-se estacas de madeira e pregos para a marcação dos pontos, auxiliados por cordas de pesca para o alinhamento e fragmentos de telhas para a sinalização visual das estacas no terreno. O nivelamento

foi realizado utilizando uma mangueira de nível transparente com diâmetro de 1/2 polegada preenchida com água, além de uma baliza de alumínio para a leitura das alturas. A equipe realizou a demarcação sistemática e a coleta das cotas de cada ponto, registrando os dados manualmente para posterior processamento das curvas de nível.

4. Processamento Digital e Geração do M.D.T.: Após a coleta de campo, as imagens aéreas foram importadas e processadas no software *Agisoft Metashape 2.1.0*, utilizando a versão *Educational license* adquirida pela FEMA. Este software foi responsável por gerar o Modelo Digital do Terreno (M.D.T.) a partir da nuvem de pontos densa obtida pelo drone. O processamento resultou na extração automática das curvas de nível, fornecendo um produto topográfico completo para análise.
5. Processamento Manual e Desenho Técnico: Por fim, os dados de campo coletados com o nível de mangueira foram submetidos ao processamento manual, que consistiu na organização das cotas coletadas e na aplicação de cálculos de interpolação geométrica entre os pontos medidos. A partir desses procedimentos, procedeu-se ao desenho técnico manual das curvas de nível, as quais foram traçadas com uma equidistância de 5 metros, finalizando a elaboração do produto topográfico da abordagem tradicional.

3. Objetivos

3.1 Objetivo primário

O objetivo principal foi realizar análise comparativa do uso de imagens de drone devidamente processadas para a extração do Modelo Digital do Terreno (M.D.T.) e o método de nível de mangueira na FEMA, permitindo a obtenção e o confronto direto das curvas de nível geradas.

3.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários, fornecer os dados e as análises necessárias para a discussão final:

- Investigação da Eficiência Temporal: Investigar e comprovar a rapidez na obtenção de curvas de nível pelo uso do drone em comparação com o método de nível de mangueira.
- Avaliação da Precisão e Detalhamento: avaliação da precisão dos dados topográficos.
- Análise dos Custos Operacionais: analisar os custos operacionais de cada abordagem.

- Validação da Hipótese de Substituição: validação empiricamente a hipótese de que a tecnologia dos drones tem o potencial de substituir o trabalho manual em cenários de alta demanda por rapidez e detalhe.

4. Resultados e discussão

A análise dos dados coletados revelou diferenças significativas entre os dois métodos, tanto em termos de produto final quanto de eficiência operacional.

4.1. Comparativo quantitativo e detalhamento

No que tange à quantidade de informações geradas, o levantamento por drone mostrou-se superior. Pelo método de nível de mangueira, foram obtidas 31 curvas de nível. Em contrapartida, o processamento das imagens do drone resultou em 35 curvas de nível, representando um acréscimo de quatro curvas na mesma área.

Essa diferença deve-se à densidade de pontos. O drone registrou milhares de pontos na área, permitindo uma interpolação baseada em dados reais e contínuos. Já o nível de mangueira forneceu pontos espaçados, onde os valores intermediários foram estimados por interpolação geométrica (relações de triângulos), o que resultou em uma representação menos detalhada do relevo. Visualmente, as curvas geradas pelo drone apresentaram-se mais suavizadas e com intervalos altimétricos melhor definidos.

4.2. Eficiência temporal

A eficiência temporal foi o diferencial mais expressivo observado na pesquisa. O uso do drone proporcionou uma economia de tempo drástica em relação ao método manual.

Método Drone: O voo para coleta de dados durou apenas 15 minutos, cobrindo toda a área extensa. O processamento digital subsequente (na qualidade máxima) levou cerca de 3 horas.

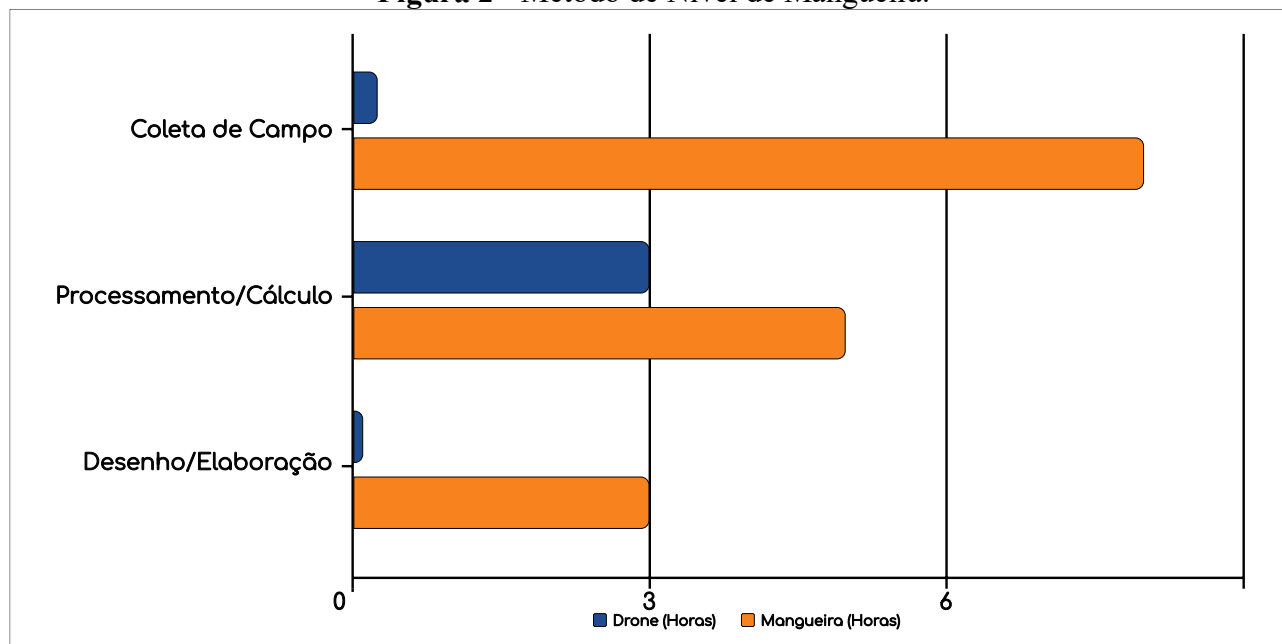
Método Mangueira: A coleta de pontos em campo exigiu dois dias de trabalho, totalizando aproximadamente 8 horas apenas nesta etapa. Adicionalmente, foram necessárias cerca de 5 horas para cálculos e criação de planilhas, somadas a mais 3 horas para o desenho das curvas.

Em resumo, o método manual demandou um total de 16 horas entre campo e escritório, ao passo que a solução por drone foi concluída em apenas 3 horas e 15 minutos. Essa disparidade evidencia que o levantamento com drone proporcionou uma redução de aproximadamente 80% no tempo total de execução em comparação ao método tradicional. Além de ser cerca de cinco vezes mais célere, a tecnologia permitiu que a maior parcela do cronograma fosse dedicada ao

processamento computacional autônomo, mitigando o esforço físico e braçal prolongado inerente às atividades de campo convencionais.

A figura 1 a seguir apresenta um gráfico de colunas horizontais para melhor visualização desta comparação temporal.

Figura 2 - Método de Nível de Mangueira.



Fonte: Elaborado pelos autores.

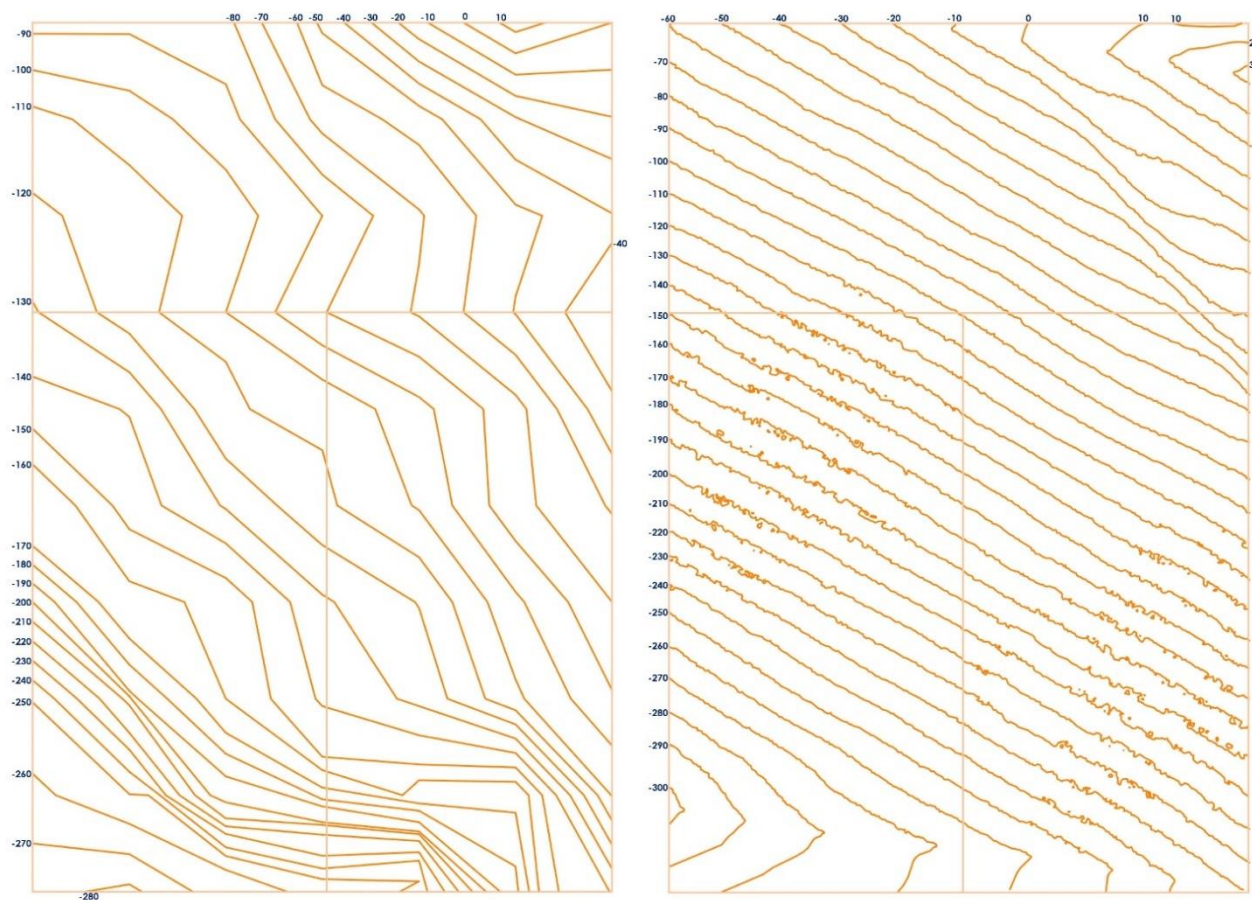
4.3. Visualização e produtos gerados

Além da rapidez e das curvas de nível, o drone ofereceu uma vantagem adicional: a visualização imediata do terreno através do processamento de imagens. Esse processo gerou um ortomosaico (imagem detalhada e georreferenciada da superfície) integrado às curvas, permitindo uma análise visual do relevo que o método da mangueira não entrega automaticamente. Para obter um resultado visual semelhante com o método manual, seriam necessárias etapas adicionais complexas de desenho assistido por computador.

A Figura 3 apresenta as curvas de nível produzidas pelo método manual e pelo software, dispostas à direita e à esquerda, respectivamente. Nesta representação, a resolução de cada curva de nível foi gerada com uma equidistância de 10 centímetros, permitindo um detalhamento minucioso das variações do terreno. Cabe destacar que as curvas com valores positivos indicam elevações situadas acima da cota zero (referência), enquanto as curvas com valores negativos representam áreas localizadas abaixo da cota zero, evidenciando os declives ou regiões de depressão da área estudada.

A Figura 4, por sua vez, exibe o ortomosaico gerado pelo software, fornecendo a base visual fidedigna sobre a qual os dados altimétricos foram processados.

Figura 3 - Resultados das Curvas de Nível - Manual (esquerda) e Software (direita).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4: Ortomosaico gerado pelo processamento das imagens aéreas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Conclusão

A pesquisa realizada atingiu integralmente seus objetivos e validou a hipótese inicial com um importante nuance. Os resultados evidenciaram que a tecnologia dos drones é capaz de substituir o trabalho manual em cenários específicos, superando o método tradicional em velocidade de execução e densidade de dados coletados.

O estudo concluiu que a escolha do método mais adequado deve ser guiada pelas necessidades específicas e pelas restrições do projeto, caracterizando a complementaridade das duas abordagens.

O uso de VANTs: é a escolha mais racional para levantamentos de grandes áreas que exigem alta precisão, detalhamento rico e rapidez na entrega. A capacidade do drone de gerar milhares de pontos de medição em minutos e produzir um M.D.T. detalhado justifica o investimento em software de processamento, oferecendo um retorno superior em produtividade e qualidade técnica.

O Nível de Mangueira: Mantém sua relevância e se mostrou uma opção viável e eficaz para projetos de pequeno porte (limitados em área), que não demandam alta precisão ou onde há forte

limitação de recursos tecnológicos e orçamentários. Sua simplicidade de implementação e baixo custo operacional o tornam a solução mais adequada para intervenções rápidas e localizadas.

Dessa forma, o estudo finaliza indicando que o Engenheiro Civil deve basear sua decisão em uma análise de fatores como a dimensão da área, o prazo de entrega, o orçamento disponível e, principalmente, a exatidão altimétrica requerida pelo cliente. A pesquisa demonstra que o cenário atual da topografia não exige a exclusão do método tradicional, mas sim a união estratégica da tradição das técnicas manuais com a inovação tecnológica, aplicando cada método onde ele oferece maior vantagem competitiva.

Referências e anexos

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA - USO NÃO RECREATIVO. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1PQvqLQVJ64kKXjX4X2MAvr_j3fMRPtQq/view?usp=drive_link. Acesso em: 21 jan. 2025.

COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva Correa de Oliveira. **Topografia geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 156 p., il.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), **Drone Consciente**. 2024. Acesso em 9 de jan. 2025.

FORTUNATO, José Carlos. **Artigo: comparação entre topografia com Drones x topografia tradicional**. 2018. Disponível em: <https://mundogeo.com/2018/06/26/artigo-comparacao-entre-topografia-com-drones-x-topografia-tradicional/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

ORTOMOSAICO. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1PgtYvpj_evtibSnh00JJ_dS7H6KcpNvj/view?usp=drive_link. Acesso em: 13 out. 2025.

ANEXO DA APRESENTAÇÃO. Disponível em: https://docs.google.com/presentation/d/1YiLnBvhEBsDRqG3OSApn3s02frCvyfoy/edit?usp=drive_link&ouid=115107373473125778274&rtpof=true&sd=true. Acesso em: 13 out. 2025. Realizada no campus da FEMA – Assis, no Bloco 12, sala 1210, com início às 19h20.

PAMBOUKIAN, Sergio Vicente Denser. **TOPOGRAFIA COM DRONES E GNSS**. 2019. Disponível em: https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2019/Trabalhos/TOPOGRAFIA_COM_DRONES_E_GNSS.pdf. Acesso em: 21 jan. 2024.