

## ALTIMETRIA E PLANIMETRIA, ANÁLISE DE MÉTODOS FOTOGRAMÉTRICOS POR VANT VERSOS TOPOGRAFIA CONVENCIONAL

## ALTIMETRY AND PLANIMETRY, ANALYSIS OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS BY UAV VERSES CONVENTIONAL TOPOGRAPHY

Francisco Kleber Dantas Duarte <sup>1</sup>  
Franklin Roberto da Costa<sup>2</sup>

**RESUMO:** A altimetria e a planimetria, compõem a Topografia como instrumentos importantes no estudo dos acidentes geográficos, permitindo a obtenção e a análise de parâmetros de planejamento da infraestrutura urbana e preservação do meio ambiente, através de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento e planejamento da informação geográfica. A expansão da utilização dessas geotecnologias propicia aos profissionais da área meios para o levantamento de informações geográficas, garantindo rapidez e qualidade na concepção dos produtos. Com isso, esse estudo objetivou comparar os produtos altimétricos e planimétricos oriundos da aerofotogrametria por VANT com a topografia convencional com base nos custos envolvidos, tempo de execução de levantamentos e precisões alcançadas. O método utilizado para a obtenção das informações consistiu em uma revisão integrativa de literatura (RIL), a partir da sintetização de referências disponíveis em trabalhos presentes na literatura para a análise comparativa dos estudos e alcance dos resultados. A partir das comparações realizadas, os resultados obtidos apontaram uma grande vantagem da utilização da ferramenta VANT sobre a topografia convencional, por permitir o alcance a regiões inacessíveis ou que ofereçam algum nível de risco aos trabalhadores. Além disso, apesar do VANT apresentar obstáculos no que tange à normalização e ao tratamento dos produtos fornecidos, ainda dispõe de vantagens quanto à precisão, à otimização de tempo e ao menor custo. Dessa forma, o conhecimento atrelado à alta precisão da área a ser trabalhada, se mostra fundamental para a ponderação no projeto ou na locação do projeto pelos profissionais da Topografia.

**Palavras-chave:** Topografia. Planimetria. Aerofotogrametria. VANT.

**Abstract:** Altimetry and planimetry, make up Topography as important instruments in the study of landforms, allowing the obtaining and analysis of parameters for planning urban infrastructure and preservation of the environment, through mathematical and computational techniques for the treatment and planning of information geographic. The expansion of the use of these geotechnologies provides professionals in the area with the means to collect geographic information from physical entities, ensuring speed and quality in the design of products. Thus, this study aimed to compare the altimetric and planimetric products from aerial photogrammetry by UAV with conventional topography based on the costs involved, survey execution time and accuracies achieved. The method used to obtain the information consisted of an integrative literature review (ILR), from the synthesis of references available in works present in the literature for the comparative analysis of studies and scope of results. From the comparisons carried out, the results obtained showed a great advantage of using the UAV tool over conventional topography, as it allows reaching regions that are inaccessible or that offer some level of risk to workers. In addition, although the UAV presents obstacles in terms of standardization and treatment of supplied products, it still has advantages in terms of precision, time optimization and lower cost. In this way, the knowledge

---

<sup>1</sup> Mestre em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (Plandites), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. E-mail: [kleber\\_dantas@live.com](mailto:kleber_dantas@live.com)

<sup>2</sup> Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFRN. Professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. – Departamento de Geografia, Campus Pau dos Ferros – UERN/CAPF. E-mail : [franklincosta@uern.br](mailto:franklincosta@uern.br)



linked to the high precision of the area to be worked, proves to be fundamental for the consideration in the project or in the location of the project by the professionals of the Topography.

**Keywords:** Topography. Planimetry. Aerial photogrammetry. UAV.

## 1. INTRODUÇÃO

As geotecnologias são instrumentos importantes para obtenção e análise de parâmetros de planejamento da infraestrutura urbana e preservação do meio ambiente, uma vez que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento e planejamento da informação geográfica, que além de serem difundidas no meio acadêmico e político territorial, foram incorporadas também ao cotidiano da sociedade globalizada (FIALHO, 2013).

A expansão na utilização das geotecnologias propiciou aos profissionais da área meios para o levantamento de informações geográficas de entidades físicas, como topografia, clima e tempo, propriedades do solo, propriedades geológicas, cobertura da terra, uso da terra, hidrografia e qualidade da água, de forma que garantam rapidez e qualidade na concepção dos produtos, como dados temáticos, cadastrais, em redes, modelos numéricos de terreno e imagens (SILVA et al., 2015).

Por meio da Topografia, são realizados estudos dos acidentes geográficos através de medidas altimétricas e planimétricas, visando representá-los graficamente em cartas ou plantas topográficas, determinando analiticamente as medidas de área e perímetro, localização, orientação, variações no relevo, a delimitação de uma área, terreno ou de propriedade de forma precisa. As informações podem ser obtidas por meio de geotecnologias, como Estação Total, Global Positioning System (GPS), Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; ALMEIDA et al., 2016).

O Sistema GNSS RTK (GPS RTK) coleta dados geoespaciais a fim de obter coordenadas precisas, tanto em modo estático (pós-processado) como em modo RTK (Real Time Kinematic). É composto por 02 receptores GNSS (base + rover), rádio de comunicação, coletor de dados, cabos de comunicação e acessórios de fixação. O equipamento executa levantamentos e locações de pontos através do processamento de sinais recebidos por satélites. Nos trabalhos de engenharia, os dados são utilizados para elaboração de plantas de levantamentos planialtimétricos e materializações de projetos em campo (LI et al., 2018).

Em levantamentos planialtimétricos, o RTK possui qualidade de precisão centimétrica e, em relação à produtividade, se destaca, pois é possível coletar mais pontos em curto espaço de tempo e não necessita de mudanças de estação por falta de visibilidade, como ocorre com a

Estação Total. Há também uma redução do custo de operação, pois necessita de menos mão de obra para o seu manuseio (STEMPFHUBER; BUCHHOLZ, 2011).

O VANT, por sua vez, trata-se de uma aeronave controlada remotamente por controles remotos. Aplicados à aerofotogrametria, possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional, como por exemplo Estação Total, além da utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos, o VANT realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais (EISENBEISS & ZHAND, 2006).

Assim, diversos estudos vêm investigando o uso de VANT em levantamentos aerofotogramétricos como uma alternativa viável ao levantamento topográfico convencional, explorando sua regulamentação, a caracterização de aeronaves, o processamento de imagens, o tratamento de dados e, finalmente, os produtos gerados. Entretanto, a diversidade de plataformas, de equipamentos associados, de métodos de coleta e de processamento de dados mostra que ainda são necessários estudos para o aprimoramento dos métodos, visando a qualidade e acurácia dos dados espaciais gerados (MAGALHÃES; MOURA, 2021). Tudo isso justifica a realização de estudos e pesquisas, visando comparar as possibilidades e limitações dessas geotecnologias, a fim de criar bases científicas que possam servir como parâmetros para a utilização dos dados gerados.

Dessa forma, esse estudo objetiva comparar os produtos altimétricos e planimétricos oriundos da aerofotogrametria por VANT com a topografia convencional com base nos custos envolvidos, tempo de execução de levantamentos e precisões alcançadas.

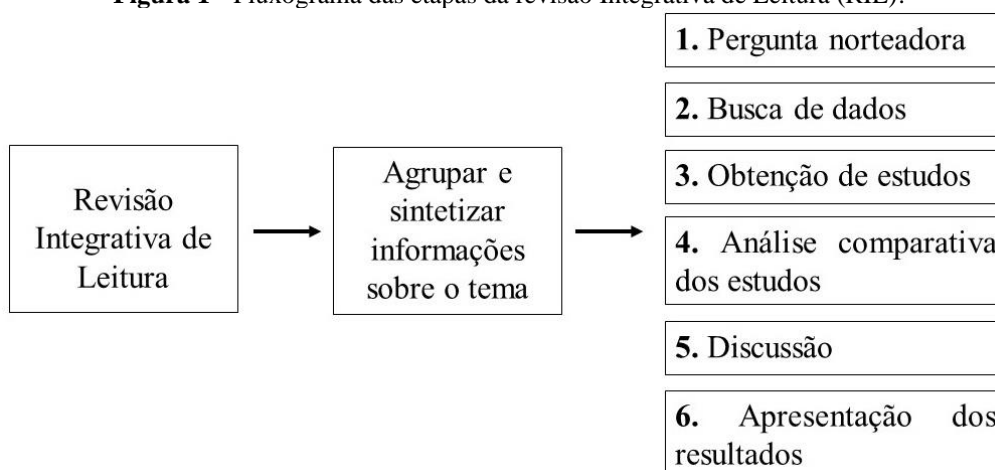
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão integrativa de literatura (RIL), a fim de agrupar e sintetizar informações disponíveis em bases de dados eletrônicos. Esse tipo de trabalho consiste em um método de pesquisa, cujo intuito é desenvolver uma análise sobre um tema já investigado, sobre o qual há trabalhos na literatura. A partir dela é possível descobrir novos conhecimentos científicos analisando e sintetizando estudos já publicados (GOMES; LONGO, 2020).

Assim, realizou-se as seis etapas de uma RIL, de acordo com a Figura 1. A primeira foi caracterizada pela elaboração da pergunta norteadora, sendo a fase mais importante, pois é a partir dessa pergunta que serão incluídos os melhores estudos, baseados nas informações

coletadas e nos meios escolhidos para a identificação dessas pesquisas. Segundo, foi realizada a fase de busca em bases de dados na literatura e, terceiro, a coleta de dados dos trabalhos selecionados. Essas etapas são essenciais para demonstrar resultados fidedignos, correlacionando-os com a pergunta norteadora. A quarta fase consistiu na análise comparativa dos estudos, em que ocorre a organização rigorosa das informações. A quinta fase foi a discussão dos resultados. A última fase compreendeu a apresentação da revisão (MENDES et al., 2008; GOMES; LONGO, 2020).

**Figura 1** - Fluxograma das etapas da revisão Integrativa de Leitura (RIL).



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

Com fundamento no conceito de RIL e no conhecimento de suas etapas, elaborou-se a questão norteadora: “Quais as vantagens dos produtos altimétricos e planimétricos oriundos da aerofotogrametria por VANT com a Topografia convencional, com base no tempo demandado de levantamento e custo nas aplicações?”. Partindo-se desse pressuposto, iniciou-se a busca de evidências.

## 2.1 Procedimentos da pesquisa

O levantamento bibliográfico foi realizado a partir de pesquisa nos bancos de dados depositados em plataformas científicas, como: Scientific Eletronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico. A escolha de cada uma dessas bases foi realizada a partir da necessidade de se apurar a produção em engenharia civil de uma forma geral sobre o tema em questão.

Tendo como critério de busca, os descritores combinados aos operadores booleanos “ou” / “e” para os descritores em português e “or” / “and”, em inglês, a fim de ampliar o objeto de pesquisa, no período de julho a setembro de 2021, conforme o Quadro 1. Ressalta-se que

todas as pesquisas foram feitas por meio de buscas avançadas, no qual colocava-se cada nova categoria “e” e “and” em um campo diferente.

**Quadro 1-** Definição dos descritores conforme idioma.

<b>Português</b>	<b>Inglês</b>
Geotecnologia e VANT e Topografia convencional	<i>Geotechnology and UAV and Conventional topography</i>
VANT e Topografia convencional	<i>UAV and Conventional topography</i>
VANT e Topografia convencional e Construção civil	<i>UAV and Conventional topography and Civil construction</i>

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

Com o propósito de responder à questão norteadora, utilizou-se os seguintes critérios de inclusão: artigos indexados nas bases selecionadas previamente; artigos que abordaram a questão norteadora; artigos publicados na íntegra, disponíveis eletronicamente; teses, dissertações e artigos no período de 2010 a 2020, para que assim retratem os estudos mais recentes para esta revisão.

Foram excluídos estudos em formato de Editoriais, cartas ao Editor, documento de projetos, áudio, recurso educacional, monografias, manuais; estudos que, pelo título e/ou após a leitura do resumo, não faziam abordagem ao tema relacionado aos objetivos do estudo; artigos repetidos em duas ou mais bases de dados.

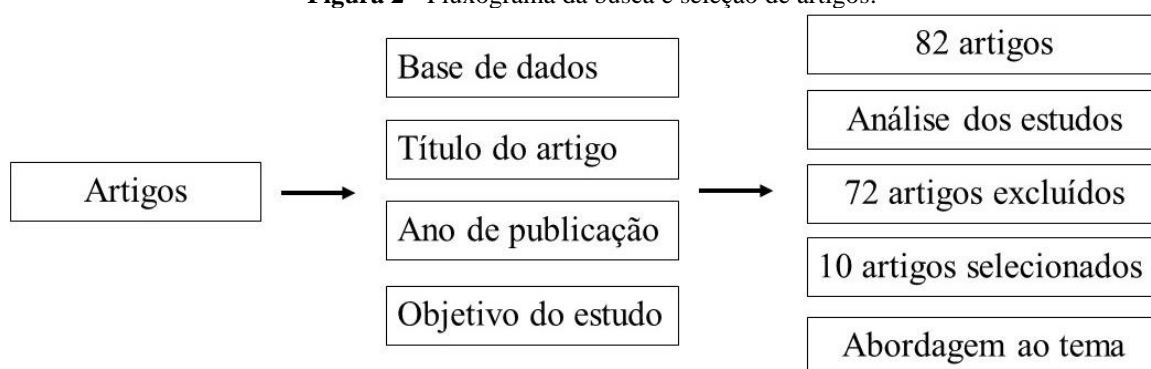
Para a realização desta revisão integrativa de literatura, optou-se pela busca dos trabalhos publicados sobre o tema no idioma português, inglês ou espanhol. Inicialmente, realizou-se uma pré-seleção dos trabalhos encontrados, por meio da leitura do título e do resumo. Após a verificação do número de trabalhos encontrados no primeiro momento, optou-se por considerar a especificidade de cada base, procedendo-se com a combinação dos descritores, onde se verificou uma alternância no número de referências de acordo com os bancos de dados escolhidos. Concluindo, assim, a verificação dos trabalhos e da seleção para compor a amostra.

Para a realização da coleta dos dados, utilizou-se os seguintes itens: base de dados da publicação, título original, autores, ano de publicação, objetivo do estudo, metodologia do estudo, resultados e conclusões (GOMES; LONGO, 2020). Em virtude das características específicas de cada base, foram adaptados os procedimentos para localizar os trabalhos, partindo do eixo norteador, dos critérios de inclusão e exclusão anteriormente citados, de modo a manter a coerência na busca. Após a triagem dos estudos nas bases de dados, construiu-se uma planilha com as informações de cada estudo.

Foram incluídos os trabalhos com abordagem em geotecnologias, topografia, tecnologias de topografia, eficiência das técnicas e equipamentos de geotecnologia, comparação das geotecnologias VANT e topografia convencional na construção civil e meio ambiente. Por fim, após a seleção, os estudos foram analisados na íntegra.

Dos 82 trabalhos identificados inicialmente, 10 foram incluídos na amostra final após análise, sendo excluído aqueles que não se adequaram ao objetivo deste estudo (Figura 2). Os resultados evidenciam o potencial uso das ferramentas geotecnológicas para o campo das Ciências Exatas, pois podem gerar bases para elaboração de análises espaciais de modo geral, como para apoio ao planejamento territorial, à análise ambiental, dentre outras situações.

**Figura 2** - Fluxograma da busca e seleção de artigos.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

As 10 publicações (3 no SciELO, 1 no Portal Periódico CAPES e 6 no Google Acadêmico) foram distribuídas conforme Quadro 2 e serão apresentadas em relação à base de dados, autoria, ano de publicação, título original e periódico. Os trabalhos foram numerados de 1 a 10 e organizados conforme base de dados e em ordem crescente do ano de publicação.

**Quadro 2** - Distribuição dos trabalhos quanto ao número do estudo, à base de dados, à autoria, ao ano de publicação, título original e periódico.

Nº	Base de Dados	Autores/Ano	Título	Periódico
1	Google Acadêmico	Nakamura & Guidara Júnior, 2010	Geotecnologias aplicadas à construção civil	Revista Engenharia
2	SciELO	Luppi et al., 2015	Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES	Floresta e Ambiente
3	SciELO	Saito et al., 2016	Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal	Cerne
4	SciELO	Silva et al., 2016	Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito	Boletim de Ciências Geodésica

5	Google Acadêmico	Buffon; Sampaio; Paz, 2018	utilizando VANT, GNSS e LiDAR Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas	Revista Eletrônica de Geografia e Ordenamento do Território
6	Google Acadêmico	Brito; Alves; Figueira, 2018	Geotecnologias aplicadas à análise de risco a desastres ambientais de um conjunto habitacional	Revista Principia
7	Portal CAPES	Hung et al., 2018	Levantamento com Veículo Aéreo Não Tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa	Raega – O Espaço Geográfico em Análise
8	Google Acadêmico	Rodrigues <i>et al.</i> , 2018	Levantamento topográfico por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)	Revista Energia na Agricultura
9	Google Acadêmico	Bruch <i>et al.</i> , 2019	Avaliação da acurácia das cubagens de volumes de mineração através de levantamentos convencionais e fotogramétricos	Revista Brasileira de Geografia Física
10	Google Acadêmico	Duarte <i>et al.</i> , 2020	Utilização de geotecnologias na aferição de evolução topográfica aplicada à exploração de massas minerais	Revista Comunicações Geológicas

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os estudos, observou-se um predomínio das geotecnologias, como o VANT, no campo do meio ambiente para a obtenção de informações topográficas, inclusive em regiões inacessíveis, com precisão e elevado grau de detalhamento, para auxiliar no monitoramento e planejamento do ambiente, conferindo vantagens técnicas e econômicas em relação aos métodos convencionais de levantamentos topográficos. De acordo com Saito et al. (2016), é de suma importância conhecer a cobertura vegetal devido as alterações ambientais. Para isso, utilizam-se dados de sensoriamento remoto, como por exemplo, as imagens orbitais, para detectar, mapear e quantificar os alvos da superfície terrestre.

Luppi et al. (2015) mostraram a utilização de geotecnologias no mapeamento de áreas a serem protegidas, no que se refere a sua identificação e delimitação automática, o que



auxiliará, no futuro, o entendimento dos processos de ocupação da terra. As metodologias que utilizam a geotecnologia VANT como ferramenta principal vêm se destacando, sendo a alternativa mais viável para se reduzir significativamente o tempo gasto com o mapeamento das áreas, e, por consequência, agilizar o período hábil de fiscalização no cumprimento das leis pertinentes de preservação dos recursos naturais.

As representações do relevo podem contribuir nos estudos das diferentes características e interações da paisagem, como a distribuição espacial da rede de drenagem, tipos de solo, vegetação e geologia (EVANS, 2012). Para isso, existem técnicas que representam a superfície terrestre a partir de pontos com coordenadas planialtimétricas.

Os modelos digitais de representação do relevo que apresentam informações sobre a topografia, a vegetação e as construções, podem ser classificados como Modelos Digitais de Superfície (MDS), uma vez que englobam as características do relevo e os objetos acima dele, sendo que o topo desses objetos é representado como a superfície do terreno (CRUZ et al., 2011). Por outro lado, quando o modelo representa somente as características do relevo sem considerar os objetos sob ele (vegetação e construções), pode ser classificado como Modelo Digital do Terreno (MDT) (ARAKI, 2005).

Os dados topográficos são ferramentas fundamentais para avaliação do uso e ocupação do solo, podendo identificar, delimitar e prever o melhor local para futuros investimentos na área agrícola e industrial, trazendo retornos positivos para a sociedade. Segundo Brandalize (2008), a topografia convencional é amplamente utilizada em projetos de engenharia e arquitetura, sendo a base para diversos projetos de obras. Como por exemplo, trabalhos de obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, e sistemas de drenagem. Contudo, esses trabalhos podem demandar bastante tempo. Farah e Seixas (2010) afirmam que a utilização de Estações Totais possibilitou a automatização de procedimentos em campo, já que a coleta de dados é realizada com o apoio de programas embutidos nos equipamentos, não descartando os processos de escritório.

Silva et al. (2016) relataram que a topografia tradicional por meio do uso da Estação Total e até mesmo tecnologia GNSS é uma técnica bastante empregada para levantamentos de alta precisão. No entanto, nos últimos anos, tecnologias de sensoriamento remoto vêm ganhando espaço, uma vez que proporcionam resultados mais rápidos e precisos, como o VANT que é capaz de gerar MDT de alta acurácia.

Os referidos autores mostraram que o uso do VANT apresenta diversas vantagens, tais como: otimização de tempo no levantamento de áreas extensas, maior quantidade de dados gerados, o que proporciona um melhor detalhamento do terreno, dados exclusivos como a



realidade virtual do terreno, custo menor devido à necessidade de um número menor de colaboradores em campo e da rapidez da coleta dos dados, gerando uma redução de equipe e gastos de logística com os funcionários.

Coelho, Silva e Costa (2017) realizaram a comparação do MDT, realizado por VANT e por meio da topografia convencional (Estação Total). A partir dos resultados obtidos, verificaram que o MDT realizado pelo VANT apresentou precisão entre 5,7 e 11,7 cm em comparação com o levantamento realizado por meio da topografia convencional. Assim, o MDT gerado pelo VANT pode ser classificado como um produto com precisão e confiabilidade compatível com as tecnologias de topografia convencionais para levantamento altimétricos que exigem diferenças centimétricas.

Rosalen (2015) caracterizou a altimetria de uma porção de terra no interior do estado de São Paulo, através de sensores multiespectrais embarcados em VANT, objetivando verificar a sua aplicabilidade em estudos altimétricos em comparação à topografia convencional. A partir dos dados coletado in loco, foram confeccionadas plantas topográficas para a gleba de terras e feita a análise estatística das diferenças altimétricas do levantamento topográfico e do aerolevamento. Ao fim do trabalho, destacou-se que o uso de sensores multiespectrais deve ser avaliado em função da qualidade que se almeja ter no levantamento, já que outros sensores podem fornecer precisões mais elevadas. O levantamento topográfico apresentou um erro altimétrico de 1 cm se comparado a 16 cm do levantamento por VANT.

Oliveira e Jesus (2018) utilizaram-se do método estatístico de t-student como uma análise comparativa entre os dados coletados em campo para um levantamento feito por topografia convencional e VANT, avaliando a tendência de aproximação dos dados coletados aos valores reais. Em suas comparações, os autores valeram-se também de informações sobre o tempo de levantamento e os custos de aquisição de equipamentos em ambos os métodos. Sendo o tempo de coleta e processamento do aerolevamento de 16 h e o da estação total de cerca de 5 h, ambos para a mesma área de 5,71 ha.

Hung et al. (2018) avaliaram a qualidade do MDT gerado por aplicação de procedimento semiautomático sem pontos de controle em campo, em área com presença de vegetação esparsa. O modelo foi gerado com o VANT Phantom 3 Professional com altura média de voo de 60 m e sem a utilização de pontos de controle. Para a avaliação da acurácia e validação do MDT foram utilizados 354 pontos obtidos por técnicas de levantamento topográfico convencional. As diferenças altimétricas entre o MDT e o levantamento foram, em geral, inferiores a 0,5 m ( $R^2 = 0,99$ ), sendo obtido um erro padrão de 0,29 m e um padrão de



exatidão cartográfica de 0,49 m, equivalente a um levantamento altimétrico classe A (1:5.000). Foi ainda elaborado um modelo digital da vegetação, sendo validado a partir de dados obtidos em campo para 54 árvores ( $R^2= 0,87$  e erro padrão = 0,54 m). Os resultados evidenciam a aplicabilidade da utilização de levantamento com VANT para obtenção de MDT em locais com vegetação florestal esparsa mediante a validação dos resultados com levantamento topográfico convencional.

Rodrigues et al. (2018) realizaram o levantamento topográfico de uma área agrícola, fazendo-se uso de VANT, modelo MAVIC Pro da DJI, empregando princípios de aerofotogrametria. Para tanto, a missão de sobrevoo definiu parte da Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, (UENP/CLM), na cidade de Bandeirantes -PR, caracterizada por uma extensão de três ha. Com a detecção automática de pontos homólogos, bem como a amarração entre os pares de imagens, utilizando o aplicativo de modelagem foi possível encontrar pontos de amarração entre as 321 imagens geradas no levantamento, uma vez que foi modelado com sucesso o ortomosaico. Esses parâmetros permitiram gerar a ortofoto e seus respectivos MDS. O levantamento topográfico, por meio de fotogrametria e princípios de sensoriamento remoto mostrou-se satisfatório. Do ponto de vista operacional, verificou-se que a plataforma utilizada no aerolevanteamento, oferece vantagens técnicas e econômicas (por moderação de tempo de levantamento em campo e pós-campo, bem como equipe reduzida) quando considerado aos métodos tradicionais de levantamento.

De modo geral, as informações topográficas obtidas por VANT são muito mais eficazes para fazer o monitoramento dos ecossistemas do que os levantamentos realizados de forma convencional. As aeronaves podem fazer o mapeamento aéreo de florestas e de reservas aquáticas, fornecendo imagens de alta qualidade em um curto período de voo. Podem também transportar equipamentos meteorológicos como termômetros, medidores de vento, sensores de umidade e pressão para coletar dados climáticos (RODRIGUES et al., 2018).

O desenvolvimento tecnológico permitiu o desenvolvimento de componentes mais leves, eficientes e com menor custo, o que proporcionou o surgimento de aplicações diversas, destacando-se o uso dos VANT como alternativa para a aerofotogrametria tradicional. Os avanços tecnológicos no setor tornaram mais simples a operação dos sistemas, produziram câmeras com maior definição, proporcionaram plataformas mais estáveis no ar e com maior autonomia de voo. Esses recursos, aliados aos equipamentos terrestres, vêm agilizando o processo de coleta e processamento dos dados espaciais e proporcionando novos usos e demandas para tais dados (EISENBEISS, 2008; EISENBEISS, 2009; NEX & REMONDINO, 2014).

Observou-se que os estudos têm evidenciado ganhos no sentido da agilidade e da redução de custos para criação e atualização de bases de dados georreferenciados, simplificação dos processos de coleta, métodos de processamento e geração de resultados, se comparado aos métodos tradicionais de levantamento topográfico em campo.

Há um aumento significativo de aplicações de aerolevantamentos a partir de VANT em diversificadas áreas, como geologia, monitoramento ambiental, engenharia civil e em mapeamento topográfico. Nestes segmentos de atuação também estão sendo incluídos os atendimentos das necessidades das empresas e profissionais em mapeamentos de pequenas áreas, para os estudos de projetos e monitoramento de obras de engenharia e estudos ambientais e cálculo de volumes (ALMEIDA et al., 2016).

Na mineração, os VANTs podem ser utilizados para monitorar estoques de materiais e determinar quantidades. Além disso, é possível realizar pesquisas de danos e falhas em áreas perigosas, o que colabora para uma maior segurança do trabalhador. O levantamento topográfico de áreas de mineração é uma etapa custosa e dependendo da morfologia do terreno e dos acessos, pode ser demorada (FERREIRA, 2017).

Objetivando a redução de custos e a diminuição no tempo de aquisição dos dados, várias empresas de mineração vêm investindo no uso de VANTs para a produção de imagens aéreas de alta precisão, as quais após serem processadas geram ortomosaicos, nuvens de pontos e modelos em três dimensões altamente precisos (LIZARAZO; ANGULO; RODRÍGUES, 2017).

Fatores que colaboram para o avanço da tecnologia VANT empregada na mineração são o desenvolvimento de equipamentos de baixo custo e programas com interface amigável e intuitiva. Para Silva et al. (2016), a tecnologia VANT vêm crescendo em uso por produzir dados topográficos de maneira rápida e precisa, quando comparado com técnicas tradicionais como Estação Total e o GNSS.

Conforme Bruch et al. (2019), a etapa de cubagem de volumes é de suma importância para a mineração, corroborando com a avaliação econômica da jazida e o planejamento da mina. Os referidos autores avaliaram o uso de VANT na geração de produtos cartográficos acurados e a cubagem de volumes de mineração. Para tanto, realizou-se um levantamento topográfico com apoio geodésico e esses resultados foram comparados com um levantamento com VANT corrigido, com pontos de controle e sem pontos de controle. Os resultados foram enquadrados no Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Digitais (PEC-PCD) e verificados a sua acurácia. Com base nos levantamentos aéreos e topográficos, foram elaborados Modelos



Digitais de Elevação (MDE) para a cubagem dos volumes, onde o ortomosaico gerado com pontos de controle, apresentou resultados acurados com volumes próximos ao do levantamento topográfico convencional. Já o ortomosaico sem pontos de controle apresentou diferenças significativas com relação às altitudes no terreno e o volume cubado. Assim, as cubagens de volume com VANT são realizados visando resultados acurados desde que o mosaico seja corrigido com pontos de controle em campo.

Duarte et al. (2020) compararam a topografia convencional com o levantamento aerofotogramétrico por VANT, demonstrando as suas vantagens e desvantagens quando aplicados à monitorização de áreas de extração de rochas ornamentais (cálculo de volumes, áreas de exploração e evolução dos trabalhos de exploração). Os levantamentos fotogramétricos revelaram-se eficazes do ponto de vista económico (baixo custo operacional), temporal (tempo de aquisição rápido), resolução, fiabilidade e rigor. Sua utilização como Detecção Remota ou fotogrametria pode ser útil na aquisição de dados com três objetivos: 1. Complementar os dados de campo relativamente à identificação das estruturas, objetos e desenvolvimento dos trabalhos; 2. Como levantamento topográfico, para o planeamento e otimização da lavra; 3. É também importante, uma vez que reduz o tempo de trabalho de campo e facilita o acesso aos dados em zonas mais remotas. Outra das vantagens tem a ver com o número de pontos utilizados por cada um dos métodos para a elaboração dos modelos. A fotogrametria utiliza 99,5% de pontos a mais que a topografia, que se traduz numa maior qualidade e rigor das superfícies, diminuindo assim o erro associado à interpolação entre pontos. O maior número de pontos cria um melhor ajuste e posicionamento das fotos do par estereográfico, melhorando a qualidade de construção do modelo.

Paralelamente, a evolução da tecnologia de geoprocessamento no mundo ampliou as possibilidades de utilização das denominadas geotecnologias no âmbito do planeamento urbano e territorial. Imagens de satélite, topografia digital e novas técnicas de mapeamento aéreo estão sendo utilizadas há algum tempo e são fundamentais para uma gestão urbana mais eficiente (SILVA JUNIOR et al., 2021).

Segundo Leite e Rosa (2006), estudar e planejar o espaço urbano requer bastante conhecimento em várias áreas o que dificulta o sucesso dessa atividade, além dessa complexidade que envolve o espaço urbano, a visualização das diferenças socioeconômica torna o planeamento falho. Sendo assim, conhecer a configuração espacial de uma cidade é um requisito fundamental para o sucesso do planeamento. Dentro da atual crise urbana que a maioria das cidades vêm passando por falta de planeamento, as geotecnologias são ferramentas

de grande relevância para direcionar a ocupação do solo urbano, tornando assim imprescindível para o planejamento urbano.

Para Brito, Alves e Filgueira (2018), a falta de planejamento urbano tem propiciado o aumento do uso e ocupação do solo de áreas ambientalmente inadequadas, o que deixa sua população residente vulnerável a risco de desastres. A análise de risco define condições espaciais e temporais e indica a probabilidade de danos, além de contribuir para a redução e controle, por meio do gerenciamento de risco. Desse modo, a confecção dos mapas temáticos elaborados forneceu informações para a identificação dos aspectos físico-territoriais da área e podem subsidiar o desenvolvimento de outros estudos e de projetos locais, além de servir de apoio para possíveis tomadas de decisões.

Buffon, Sampaio e Paz (2018) apresentaram um encaminhamento metodológico para avaliação das áreas edificadas com risco de desastres ligado a inundação em áreas urbanas. Para isso, coletou-se dados primários na área de estudo, Campo Magro-Paraná, Brasil, por meio de VANT e trabalhos de campo que, posteriormente permitiram com auxílio de SIG construir um mapeamento síntese do risco de desastres. Os resultados indicaram que a metodologia é de baixo custo e importante para as áreas desprovidas de imageamento em detalhe, e se mostrou eficiente como um sistema de apoio à decisão espacial frente à mitigação e prevenção dos desastres decorrentes de inundações. O uso do VANT para aquisição dos dados apresentou como benefícios: 1) redução dos custos associados à aquisição de imagens aéreas; 2) maior flexibilidade na aquisição das imagens; 3) melhor resolução espacial e temporal se comparado ao uso de imagens de satélites gratuitas disponíveis para o Brasil; e 4) possibilidade de maior nível de desagregação dos dados. Como principal limitação, citou-se a baixa autonomia no tempo de voo do equipamento, o que dificulta a execução de levantamentos para áreas acima de 1 km<sup>2</sup> (tempo relativo a estimativa de área recoberta para cada carga completa da bateria – autonomia de voo).

Assim, as geotecnologias podem ser um importante instrumento para obter e analisar parâmetros de interesse na gestão municipal quanto ao planejamento da infraestrutura urbana e preservação do meio ambiente. Por meio das geotecnologias, é possível avaliar as transformações decorrentes no espaço, bem como identificar os possíveis impactos consequentes do uso e ocupação do solo.



## 4. CONCLUSÃO

A utilização da topografia para os profissionais da área se aplica em diversas conjunturas, além de ser uma atividade que delimita a construção a ser realizada. O total conhecimento atrelado à alta precisão da área a ser trabalhada é de fundamental importância para que se possa ponderar no anteprojeto ou na locação do projeto.

Com base nos resultados, levantamentos topográficos convencionais, por vezes, consomem muito tempo, tornando-os mais caros em relação a novos métodos, e podem ser operacionalmente complexos, por requererem o uso de equipamentos específicos e de uma ou mais equipes de campo tecnicamente capacitadas. Além disso, devem ser adequados às necessidades de campo, como as características do terreno e à disponibilidade de equipamentos.

Em contraponto, a aquisição de informações por meio de VANT é bastante promissora, mesmo que apresente obstáculos no que tange à normalização e ao tratamento dos produtos fornecidos.

Portanto, os trabalhos desenvolvidos sobre VANT mostram que os principais estudos discutem sobre a versatilidade de operações dos mais diversos modelos, avaliando as principais características dos equipamentos e suas potenciais aplicações, seja na construção civil ou áreas afins. Além disso, os estudos abordam ainda a capacidade operacional desses veículos devido à redução de carga dos modelos, evidenciados com o avanço tecnológico.

## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. D. C.; COSTA, G. C.; SILVA, D. C.; MEDEIROS, J. R. B. **Estudo sobre o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários.** VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2016.

ARAKI, H. **Fusão de informações espectrais, altimétricas e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução espacial.** Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Defesa: Curitiba, 2005.

BRANDALIZE, M. C. B. **Apostila de Topografia para Engenharia Civil e Arquitetura.** Paraná. 2008.

BRITO, P. L.; ALVES, A. F.; FILGUEIRA, H. J. A. Geotecnologias aplicadas à análise de risco a desastres ambientais de um conjunto habitacional. **Revista Principia**, n. 40, p. 149-163, 2018.

BRUCH, A. F.; CIROLINI, A.; THUM, A. B.; CARNEIRO, M. Avaliação da acurácia das cubagens de volumes de mineração através de levantamentos convencionais e fotogramétricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 283-298, 2019.

BUFFON, E.; SAMPAIO, T.; PAZ, O. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista Eletrônica de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 13, p. 85-108, 2018.

COELHO, R. C.; DA SILVA, R. L.; SOUSA, R. S. Mapeamento topográfico, com utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e topografia convencional. **Revista Engenharia Civil e Tecnologia**, v.1, n.1, 2017, s.p.

CRUZ, C. B. M.; BARROS, R. S.; CARDOSO, F. V.; REIS, F. B.; ROSÁRIO, L. S.; BARBOSA, S. S.; RABACO, L. M. L.; LOURENÇO, J. S. Q. **Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, Curitiba: INPE, p. 5463, 2011.

DUARTE, J.; CUNHA, M.; GONÇALVES, G.; FIGUEIREDO, F. Utilização de geotecnologias na aferição de evolução topográfica aplicada à exploração de massas minerais, **Revista Comunicações Geológicas**, v. 107, Especial I, p. 29-33, 2020.

EISENBEISS, H.; ZHAND, L. Comparison of DSMs generated from mini UAV imagery and terrestrial laserscanner in a cultural heritage application. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Dresden, Germany, v. 36, part 5, 2006.

EISENBEISS, H. The autonomous mini helicopter: a powerful platform for mobile mapping. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 37, n. 1, p. 977-984. 2008.

EISENBEISS, Henri. **UAV Photogrammetry**. 2009. 199f. Tese (Doutorado). Instituto de Geodésia e Fotogrametria, ETHZ. Zurich, 2009.

EVANS, I. S. Geomorphology Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94-106, 2012.

FARAH, T. T. Q.; SEIXAS, A. Automação do procedimento de campo com o emprego de estação total para o levantamento e locação de obras da construção civil. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, 2010.

FERREIRA, T. R. **Volume útil de pilha de granel com retomada inferior**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

FIALHO, E. S. Climatologia: ensino e emprego de geotecnologias. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 30-50, 2013.

GOMES, J. A. P. ; LONGO, O. C. Mudança de cultura e apoio da tecnologia dão base à transformação digital na construção civil no enfrentamento à crise do Covid\_19. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58884-58903, 2020.

HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, p. 215- 231, 2018.

LEITE, M. E. ; ROSA, R. Geografia e geotecnologias no estudo urbano. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 17, p. 180-186, 2006.

LI, T.; ZHANG, H.; GAO, Z.; CHEN, Q.; NIU, X. High-accuracy positioning in urban environments using single-frequency multi-GNSS RTK/MEMS-IMU integration. **Remote sensing**, v. 10, n. 2, p. 205, 2018.

LIZARAZO, I.; ANGULO, V.; RODRÍGUES, J. Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery. **Internacional Journal of Remote Sensing [online]**, v. 38, 2017.

LUPPI, A. S. L.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. A. Utilização de geotecnologia para o mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no município de João Neiva, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 13-22, 2015.

MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. Análise da Morfologia de Modelos Digitais de Superfície Gerados por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 73, n. 3, p. 707-722, 2021.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. D. C. P. & GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & contexto-enfermagem**, v. 17, p. 758-764, 2008.

NAKAMURA, Aristeu Zensaburo; JÚNIOR, Pedro Guidara. Geotecnologias aplicadas à construção civil. **Brasil Engenharia, São Paulo**, 2010.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**, v. 6, n. 1, p. 1–15. 2014.

OLIVEIRA, H. C.; JESUS, H. P. **Análise comparativa de levantamentos planialtimétricos - topografia convencional, GPS e DRONE**. 2018. 15p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, 2018.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; OTANI, T. M.; TAGLIARINI, F. D. S. N.; CAMPOS, S. Levantamento topográfico por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 4, p. 367-372, 2018.

ROSALEN, D. L. Mapeamento de glebas de terras utilizando-se de veículo aéreo não tripulado - VANT. **Cultivar Máquinas**, v. 13, p. 31, 2015.

SAITO, N. S.; ARGUELLO, F. V. P.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R. D.; EUGENIO, F. C.; FIGUEIREDO, A. C. Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. **Cerne**, v. 22, p. 11-18, 2016.

SILVA, W. F.; SILVA, L. S.; MALTA, E. A.; GONDIM, R. O.; WARREN, M. S. Avaliação de uso de Veículo Aéreo Não Tripulado — VANT em atividades de fiscalização da Agência Nacional de Águas. **Anais dos Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, Brasil, p. 25-29, 2015.

SILVA, C. A. D.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SANTOS, A. L. S. D.; AMARO, V. E.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, p. 73-





94, 2016.

SILVA JUNIOR, T. L.; COSTA, M. C. A.; SILVA, C. M.; COSTA, B. C. A.; CAVALCANTE, A. D. S. I.; CAVALCANTE, L. B. Utilização de técnicas de levantamento topográfico para o monitoramento de obras de contenção na cidade de Marechal Deodoro – AL. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**, n.6, v. 3, p. 137-137, 2021.

STEMPFHUBER, W., & BUCHHOLZ, M. A precise, low-cost RTK GNSS system for UAV applications. **Proc. of Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, ISPRS**, 2011.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura**, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2012.