

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO: GNSS E VANT

RAMALHO, Bruno Salvarani¹; SILVA, Henrique Zanon Pires da²;
Prof. Me. MAGDALENA, Rafael Augusto Valentim da Cruz³
Universidade São Francisco
brunosalvarani@outlook.com
henriquezpdas@hotmail.com

¹Bruno Salvarani Ramalho, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista – SP

²Henrique Zanon Pires da Silva, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista – SP

³Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena, Professor Mestre Orientador, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Bragança Paulista - SP

Resumo. O objetivo deste estudo é a comparação entre os métodos de levantamento topográfico, o convencional (GNSS), e o tecnológico (fotogrametria aérea com drone), os métodos se diferem nos seguintes aspectos, tempo em campo, tempo de processamento de informações, precisão de ambas medições, mão de obra e custo. Para isso, foi realizado o levantamento topográfico de uma área de 5,2 hectares, no primeiro passo o topógrafo foi até o local para ser realizado todas as medições e nos apresentar um pouco de todo o processo, ele utilizou a metodologia de GNSS para realização desse processo, o levantamento foi realizado com o uso do equipamento R90i GNSS, nas divisas da propriedade rural, assim como os pontos de controle para a realização do croqui depois de ter coletado todos os pontos, dessa forma coletamos todos os dados que precisamos e seguimos para a segunda parte que foi realizar todo esse mesmo processo mas agora utilizando a metodologia do drone, o mesmo foi até o local e também nos mostrou um pouco de todo o passo a passo desta tecnologia, o equipamento utilizado foi o drone Dji Mavic Pro 2, após isso coletamos todos os dados em campo, foi realizado o processamento das informações pelo software, e assim conseguindo apresentar uma comparação entre as duas metodologias.

Palavras-chave: comparação, fotogrametria, drone.

Introdução

Este estudo propõe apresentar o potencial da utilização de VANTS (Veículos Aéreos Não Tripulados) ou RPA (Aeronave Remotamente Pilotada) junto a técnicas já existentes e

expor características, conhecimentos e procedimentos importantes na construção civil com foco no levantamento topográfico, espera-se com esse estudo comparativo mostrar que essa tecnologia pode reduzir a quantidade de horas a ser dispensada para os trabalhos em campo diminuindo assim o custo final.

Com o avanço tecnológico os drones vêm se tornando uma ferramenta de fácil acesso e com um custo relativamente baixo, esse equipamento vem simplificando várias tarefas e trazendo resultados interessantes, beneficiando os profissionais envolvidos na execução da obra com maior especificidade principalmente na sua fase inicial já que se trata do levantamento topográfico e o cliente final com a melhoria da qualidade das informações e do custo final.

Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de abordar o contexto da topografia no mundo, as definições do levantamento topográfico, seu desenvolvimento no Brasil, os tipos de equipamentos utilizados, a pesquisa GNSS (*Global Navigation Satellite System*), a utilização de drones e, por fim, será feita uma comparação e conclusão sobre como esses avanços impactaram a prática da topografia.

De acordo com Souza *et al.* (2021), devido à constante evolução da sociedade, várias tecnologias têm passado por aperfeiçoamentos ou até mesmo substituições. No entanto, no campo da engenharia, é raro encontrar métodos que sejam completamente substituídos, pois geralmente eles passam por melhorias contínuas. O mundo em que vivemos está passando por mudanças constantes em todas as áreas, e os seres humanos sempre enfrentaram a necessidade de explorar novos lugares para se estabelecer, o que destaca a importância da constante modernização. Dentro da vasta área da engenharia, a topografia desempenha um papel fundamental, utilizando tecnologias e instrumentos como Estações Totais, sistemas GNSS e RTK, teodolitos, drones, entre outros. Esses recursos estão em constante evolução para atender às demandas crescentes da sociedade moderna.

Dando ênfase nos estudos de Pamboukian (2019), as Geotecnologias estão ganhando uma presença cada vez maior no campo da Engenharia Civil. Os métodos tradicionais de levantamento topográfico, que envolvem o uso de instrumentos como teodolitos e estações totais, estão sendo parcialmente substituídos por abordagens semiautomatizadas que aproveitam tecnologias como GNSS (Sistema de Posicionamento Global por Satélite), drones, câmeras multiespectrais e softwares avançados de processamento de imagens. Para os futuros engenheiros, é essencial dominar essas novas tecnologias, que estão se tornando cada vez mais relevantes em suas áreas de atuação.

A topografia é uma técnica que desempenhou um papel fundamental ao longo da história, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da sociedade e da engenharia. Este campo da geodésia tem evoluído ao longo dos séculos, desde as primitivas técnicas utilizadas por civilizações antigas até as modernas tecnologias de levantamento topográfico que empregamos hoje em dia. Dentro do âmbito da construção civil, ela é fundamental para o planejamento e construção de infraestrutura, como estradas, pontes, edifícios e represas. Ela fornece informações precisas sobre o terreno, incluindo elevações, declives e obstáculos naturais, ajudando os engenheiros a projetar estruturas seguras e eficientes. (PAMBOUKIAN, 2019)

De acordo com os estudos prolongados de Nakamura (2019), a topografia é uma disciplina dedicada à análise detalhada e descrição das características e formas da superfície terrestre. Seu resultado principal é a criação de mapas que representam de maneira precisa e minuciosa as informações relacionadas à topografia de um local específico. É importante destacar que a palavra "topografia" tem suas raízes em dois termos gregos: "topos", que significa lugar, e "graphen", que se traduz como descrever. Em sua essência, a topografia visa oferecer uma descrição minuciosa e precisa de um local, incluindo a medição de distâncias. Na prática, a topografia abrange uma série de elementos e informações essenciais, como a configuração do terreno, as curvas de nível que representam as variações de altitude, o perfil longitudinal do terreno e detalhes transversais que fornecem informações sobre a estrutura do solo. Além disso, a topografia identifica elementos existentes na área, realiza referências de áreas, determina pontos de referência altimétrica, orienta-se pelo norte magnético e fornece informações sobre características geográficas e acidentes geográficos. Portanto, a topografia desempenha um papel fundamental na representação e compreensão detalhada da geografia de um local específico.

A principal função do levantamento topográfico altimétrico é representar as características do relevo de uma área, o que é essencial para compreender as particularidades de um terreno. A referência de nível obtido por meio desse método pode ser natural, como o nível do mar, ou estabelecida pelo técnico responsável (PETERMANN, 2019).

O estudo topográfico auxilia na determinação do local ideal para implantação de projetos, além de permitir a previsão de serviços como terraplanagem e transplantes de árvores, entre outros aspectos relevantes, se concentrando nessa área crucial para o sucesso de empreendimentos imobiliários.

Através da topografia, é possível calcular medidas analíticas de forma como área e perímetro, determinar a localização precisa, compreender a orientação da área, identificar variações no relevo e representar todas essas informações de forma gráfica em cartas ou plantas topográficas. Além de atender às obrigações legais, a topografia desempenha um papel essencial na prevenção de litígios territoriais que poderiam chegar aos tribunais.

Segundo Brandalize (2020), no Brasil, as cartas topográficas elaboradas no período compreendido entre 1924 até meados da década de 80 seguiram os padrões estabelecidos pelas configurações de Hayford. A partir desse período, as cartas produzidas passaram a adotar os parâmetros do Sistema de Referência Geodésica - GRS 67, também conhecido como Internacional 67. Esses parâmetros passaram a ser usados como base para a produção cartográfica no país.

Figura 1 - GRS 67

DATUM = SAD 69 (CHUÁ); $a = 6.378.160$ m; $f = 1 - b/a = 1 / 298,25$

Fonte: Brandalize (2020)

Ainda citando Brandalize (2020), o sistema de unidades utilizado no Brasil é o Métrico Decimal, porém, em função dos equipamentos e da bibliografia utilizada, na sua grande maioria importada, algumas unidades relacionadas abaixo apresentarão seus valores correspondentes no sistema Americano, ou seja, em Pés/Polegadas.

Além disso, é importante frisar que o levantamento topográfico é um processo que envolve a realização de diversas diversidades em um terreno com o propósito de representar, em um mapa ou carta, todos os elementos geográficos relevantes e as distâncias entre pontos significativos presentes na área em questão. Conforme definido por Santos (2016), o levantamento topográfico abrange uma série de princípios, métodos, instrumentos e convenções utilizados para determinar as características, dimensões e posição relativa de uma região na superfície da Terra. Seu principal objetivo é calcular as dimensões e os limites da superfície terrestre em uma escala local, desconsiderando a curvatura resultante da esfericidade da Terra. Isso é feito por meio da medição de distâncias, direções e altitudes.

De acordo com as informações do Mappa em 2023, os principais instrumentos topográficos gozam de grande renome e são exclusivamente empregados em todo o mundo. Estes instrumentos incluem o Teodolito, a Estação Total, o Sistema de Posicionamento Global

(GPS) e o Nível de Precisão. O Teodolito é um dispositivo altamente preciso, projetado especificamente para medir com exatidão, tanto horizontais quanto verticais. A Estação Total, por sua vez, é utilizada para efetuar precisão de alturas, distâncias e ângulos, tanto na horizontal quanto na vertical. O GPS, ou Sistema de Posicionamento Global, é uma tecnologia global de navegação e posicionamento que possibilita o acompanhamento preciso das coordenadas de qualquer local do mundo. Por último, o Nível de Precisão é contratado para estabelecer ou verificar o nível de proteção necessário para outros equipamentos. Esses instrumentos desempenham um papel fundamental na topografia, fornecendo dados georreferenciados de alta precisão.

Quando se escolhe a tecnologia para um trabalho topográfico, é de suma importância considerar a área de interesse, a aplicação e a natureza específica do projeto em questão. Embora cada um desses instrumentos tenha suas próprias vantagens e limitações, todos eles podem contribuir com dados precisos, auxiliando na tomada de decisões. Além disso, a combinação de equipamentos tradicionais com tecnologias mais recentes pode resultar em um aprimoramento da agilidade e da precisão das previsões topográficas (MAPPA, 2023).

Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente em alcançar um posicionamento altamente preciso de características terrestres, com margens de erro reduzidas a apenas alguns centímetros. Para responder a essa procura, as tecnologias espaciais, em particular o Sistema de Navegação por Satélite Global (GNSS), desempenham um papel central, revolucionando diversas áreas de aplicação. O GNSS representa uma das tecnologias de posicionamento mais avançadas e tem suscitado interesse especial em toda a comunidade. Dominar completamente esse sistema é crucial para aproveitar ao máximo suas capacidades. Suas aplicações são vastas e continuam a se expandir, abrangendo desde a Geodésia, Geodinâmica, Agricultura de Precisão, Meteorologia e Aeronáutica, até a Navegação e atividades de lazer. Está previsto que em breve a maioria dos dispositivos móveis, como veículos, celulares, colhedoras e máquinas, vêm a ser equipados com receptores de posicionamento via satélite.

O GNSS é uma tecnologia fundamental em diversas áreas do conhecimento, incluindo transporte, exploração de petróleo e gás, mapeamento e sistemas de informações geográficas. Para tirar o lucro máximo dos sistemas de posicionamento global, os métodos de posicionamento têm evoluído ao longo do tempo.

Uma tendência notável é a adoção de dados provenientes de redes de estações de referência. O posicionamento baseado em redes tem sido mostrado cada vez mais eficaz, principalmente devido à elevada precisão fornecida pelo método conhecido como RTK (Real

Time Kinematic) em tempo real. Além do RTK em rede, outra abordagem amplamente discutida é o PPP (Ponto Preciso em Tempo Real), que também utiliza dados de redes para alcançar alta precisão, tanto na estimativa do erro do relógio dos satélites (ZHANG et al., 2011; MARQUES, 2012), quanto nos métodos de resolução das ambiguidades (GE et al., 2008; HAUSCHILD, 2010).

Para aplicações que exigem precisão da ordem de decímetros, uma opção adicional é o DGPS (Sistema de Posicionamento por Satélite Diferencial) em rede (ALVES, 2011).

O uso de drones tem se tornado cada vez mais relevante no contexto da topografia e do georreferenciamento, simplificando a vida de profissionais e agricultores que dependem de informações georreferenciadas. No que diz respeito ao levantamento de propriedades rurais, o uso de drones permite realizar o mapeamento topográfico da área, abrangendo elementos como limites de propriedade, demarcação de áreas, vegetação, cursos d'água, construções e estradas. A criação de leis teve como objetivo principal padronizar a identificação de propriedades rurais, validando regiões geográficas por meio de imagens e mapas.

A introdução dos drones trouxe uma redução significativa nos custos da aerofotogrametria, que costumavam depender principalmente de imagens de grandes extensões territoriais. O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) converteu pesquisas sobre diferentes tecnologias de drones entre 2013 e 2015, avaliando diversos produtos disponíveis no Brasil. Após campanhas de testes de voo, o INCRA distribuiu os requisitos necessários para o georreferenciamento de propriedades rurais por meio de drones. Além disso, o uso de sensoriamento remoto já estava previsto no Manual Técnico de Posicionamento, e com a chegada dos drones, essa tecnologia poderia contribuir para atender aos desafios impostos pela lei.

Conforme Chamayou (2015), um drone é considerado um veículo aerodinâmico com características semelhantes às de uma aeronave. Embora tenha sido inicialmente desenvolvido para fins militares, suas aplicações em diversas áreas, como geografia, agronomia, fotografia, geologia, entre outras, desenvolvem para sua popularização. Os drones também são usados para capturar imagens e vídeos aéreos, desempenhando um papel fundamental na identificação de danos e no mapeamento de áreas, permitindo a formulação de estratégias de ação. As tecnologias embarcadas nesses dispositivos eliminam a necessidade de contato direto com o objeto, tornando os levantamentos de campo mais eficientes e econômicos.

A redução dos custos de aquisição, operação e manutenção de drones está permitindo economia em serviços que anteriormente exigiam investimentos significativos, como o

mapeamento de áreas pequenas e médias e o georreferenciamento com equipamentos caros. No entanto, é importante observar que, mesmo com a popularização dos drones, os custos para estabelecer a infraestrutura necessária para processar os dados adquiridos ainda são altos para a maioria dos profissionais brasileiros nas áreas de engenharia, cartografia, geografia, geologia, entre outras (NASCIMENTO, 2021).

A topografia com drones não apenas delimita as propriedades, mas também cadastra todos os elementos que são compostos, cumprindo as regulamentações. Devido à sua maior eficiência e melhor relação custo-benefício em comparação com métodos convencionais, esse serviço está crescendo em todo o mundo. Esse processo permite estabelecer com precisão a localização geográfica de uma propriedade, referenciando os vértices do seu perímetro ao sistema geodésico brasileiro. Isso é essencial para garantir o cumprimento das normas e permitir que os proprietários conheçam com precisão os limites de suas terras.

De acordo com a Orto Pixel (2021), o desenvolvimento das tecnologias embarcadas em VANTs, revolucionou a topografia e o georreferenciamento, tornando-o mais eficiente. Alguns dos principais benefícios incluem maior detalhamento, identificação e padronização de alta resolução, realização do serviço de forma remota, melhor relação custo-benefício e contribuição para a valorização das propriedades. Além disso, o georreferenciamento com drones garante a segurança fundiária, impedindo sobreposições de terras e grilagem em todo o território nacional.

Embora o uso de drones para mapeamento de pequenas áreas seja viável, um estudo comparativo foi realizado entre o posicionamento direto por GNSS e o levantamento indireto por sensoriamento remoto com drones para identificar divisões naturais em regiões de difícil acesso. Embora tenha conseguido uma economia de tempo de apenas 15 minutos no levantamento com drones em comparação com o GNSS, o processamento das imagens levou muito mais tempo. No entanto, a acurácia do processo fotogramétrico gerou uma carta planimétrica com alta precisão é importante ressaltar que quaisquer erros decorrentes do uso de drones podem ser corrigidos por meio de pontos de controle ou verificações em terra com coordenadas detectadas, obtidas por equipamentos adequados (CHICATI *et al.*, 2019).

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido mediante a um levantamento topográfico de uma área rural localizada na cidade de Socorro - SP, com uma área de aproximadamente 5,2 hectares, onde

primeiro foram levantadas todas as dimensões cabíveis em um levantamento topográfico através da utilização de um equipamento denominado GNSS e na sequência foi realizado o mesmo procedimento de levantamento topográfico utilizando o equipamento denominado drone.

Com o equipamento GNSS, seguindo a norma NBR 13.133, foi executado como o primeiro passo o levantamento topográfico:

O primeiro passo foi a montagem do equipamento no local a ser realizado o levantamento topográfico, o equipamento utilizado foi o R90i GNSS, com ele já posicionado em seu local partimos para a primeira coordenada já pré-definida, para assim fazer uma confirmação se está tudo certo e podendo partir para o primeiro ponto de locação.



Figura 2: Montagem do equipamento R90i GNSS



Figura 3: Posicionamento do equipamento R90i GNSS no primeiro ponto

Seguindo as coordenadas, chegamos no primeiro ponto de locação do equipamento, assim foi feita uma marcação utilizando uma estaca, seguimos com esse mesmo processo para os demais pontos faltantes, até finalizar a coleta de todos os pontos.



Figuras 4: Posicionamento do equipamento nos demais pontos



Figura 5: Posicionamento do equipamento nos demais pontos

Após feita todas as coletas dos pontos, foi feita a desmontagem do equipamento, finalizando o trabalho em campo do topógrafo, e com todas as informações necessárias coletadas no local, foram para o escritório para realizar o processamento dos dados coletados.



Figura 6: Desmontagem do equipamento R90i GNSS

No escritório os profissionais colocaram todas as informações coletadas em campo no software, gerando no um croqui do terreno em *AutoCad*, finalizando o processo do levantamento topográfico utilizando a método GNSS.



Figura 7: Croqui do terreno gerado em *AutoCad*

Em seguida realizamos o mesmo processo, mas agora utilizando o drone, para que assim fosse capaz a realização do comparativo entre eles.

Com o equipamento drone executamos o primeiro passo que foi realizar o plano de voo seguindo todas as normas da ANAC (Agencia Nacional de Aviação Civil), com o plano de voo já realizado no escritório, partimos para a área onde estaremos realizando o estudo, já no local começamos os preparos para realizarmos a fotogrametria da área com o drone.

Começamos com a montagem do equipamento, para assim darmos início ao nosso levantamento topográfico em campo, o instrumento utilizado foi o drone DJI Mavic Pro 2, em seguida abrimos o aplicativo Dronedeoy, pelo celular do operador do drone, que será utilizado para realizarmos o voo.



Figura 8: Retirada do drone de dentro da case



Figura 9: Montagem do drone DJI Mavic Pro 2

Já com o drone montado, começamos a configuração do equipamento pelo aplicativo, para assim podermos dar início a fotogrametria aérea.



Figura 10: Drona DJI Mavic Pro 2 após sua montagem



Figura 11: Operador do drone com seu controle para programação do voo

Demos início ao voo, no qual o drone vai percorrer toda a trajetória já previamente definida pelo plano de voo, por toda a extensão do local, após ele coletar todos os dados necessários ele retorna ao seu ponto de partida encerrando o voo.



Figura 12: Drone começando sua trajetória já com o plano de voo pré-definido



Figura 13: Drone retornando ao ponto inicial



Figura 14: Imagem aérea retirada pelo drone



Figura 15: Imagem aérea retirada pelo drone

Essas foram algumas das imagens coletadas pelo drone do nosso terreno que foi realizado o levantamento topográfico, após isso os dados coletados em campos serão processados no escritório, formando o ortomosaico.

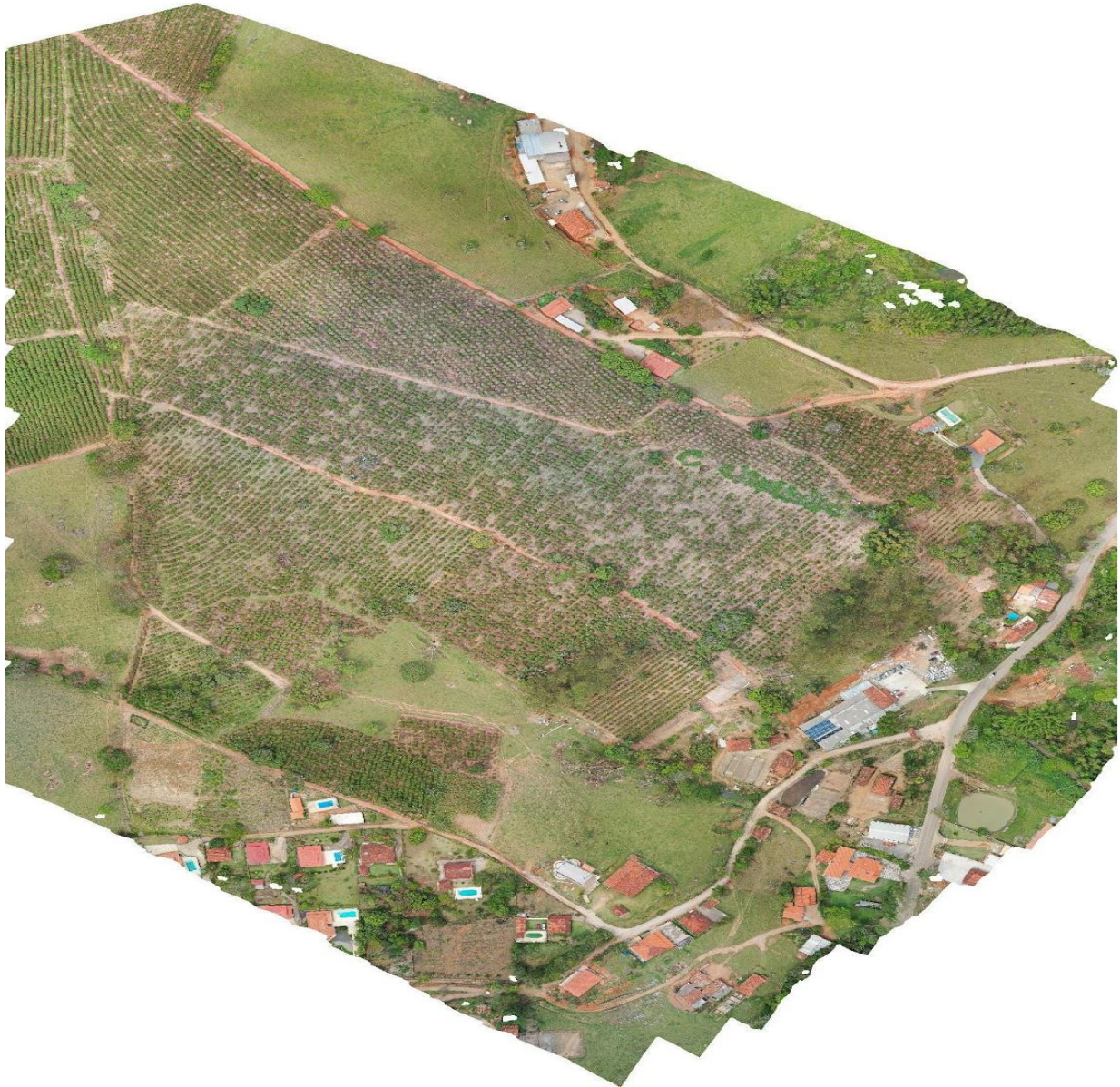


Figura 16: Ortomosaico realizado pelas imagens do drone

Resultados e Discussão

Cada um dos métodos utilizados apresenta algumas diferenças de procedimento em campo e processamento dos dados do respectivo levantamento topográfico, por isso gerou diferentes resultados para o mesmo serviço executado, o Quadro 01 apresenta o tempo gasto em ambas as metodologias.



Quadro 01 – Comparativo de tempo entre os métodos

ETAPA	EQUIPAMENTO	
	GNSS	DRONE
LEVANTAMENTO	5h45min	0h30min
PROCESSAMENTO	00h40min	4h30min

Com os resultados obtidos, a fotogrametria aérea realizada com o drone teve um melhor desempenho em relação ao tempo gasto na realização do levantamento de dados em campo, do que o utilizando o equipamento GNSS, e ainda a quantidade de pontos coletados pelo drone foi superior a quantidade coletada pelo GNSS, gerando assim mais informações sobre o local.

Avaliando agora a etapa de processamento de dados, o drone teve uma demora significativa em relação ao do equipamento GNSS, pois como gera mais informações, respectivamente seu tempo de processamento será bem maior comparado ao do outro método, ainda dá para se otimizar um pouco do tempo utilizando um computador que tenha uma configuração superior a recomendada pelo software utilizado.

Avaliando a praticidade de cada procedimento, em relação ao GNSS, pode se dizer que o método é mais trabalhoso, pois utiliza-se de duas pessoas para o trabalho e tem que percorrer todos os locais dos pontos para a coleta de dados em campo e isso leva um tempo significativo, já com o drone, ele pode ser executado com apenas um operador, onde o drone percorre todo o percurso em poucos minutos, coletando muito mais pontos para a realização do levantamento, porém a uma desvantagem quando o terreno tem muita árvores e rios, pois a precisão dos pontos não é muito exata, podendo gerar alguns erros no final da análise.

Quadro 03 – Comparativo de valores entre métodos

EQUIPAMENTO	VALOR
R90i GNSS	R\$ 4.000,00
Drone DJI Mavic Pro 2	R\$ 2.500,00

No quadro acima aparecem os respectivos valores de cada procedimento utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, com isso podemos deduzir que cada procedimento, se encaixa de melhor forma em cada situação, para a coleta de dados de uma grande área é aconselhado a utilização do drone, já de uma área menor ou uma área onde é mata densa ou rios, o GNSS se sai melhor no levantamento, na imagem a baixo é mostrada a comparação entre os dois levantamentos, onde um foi sobreposto ao outro para comparação dos resultados.

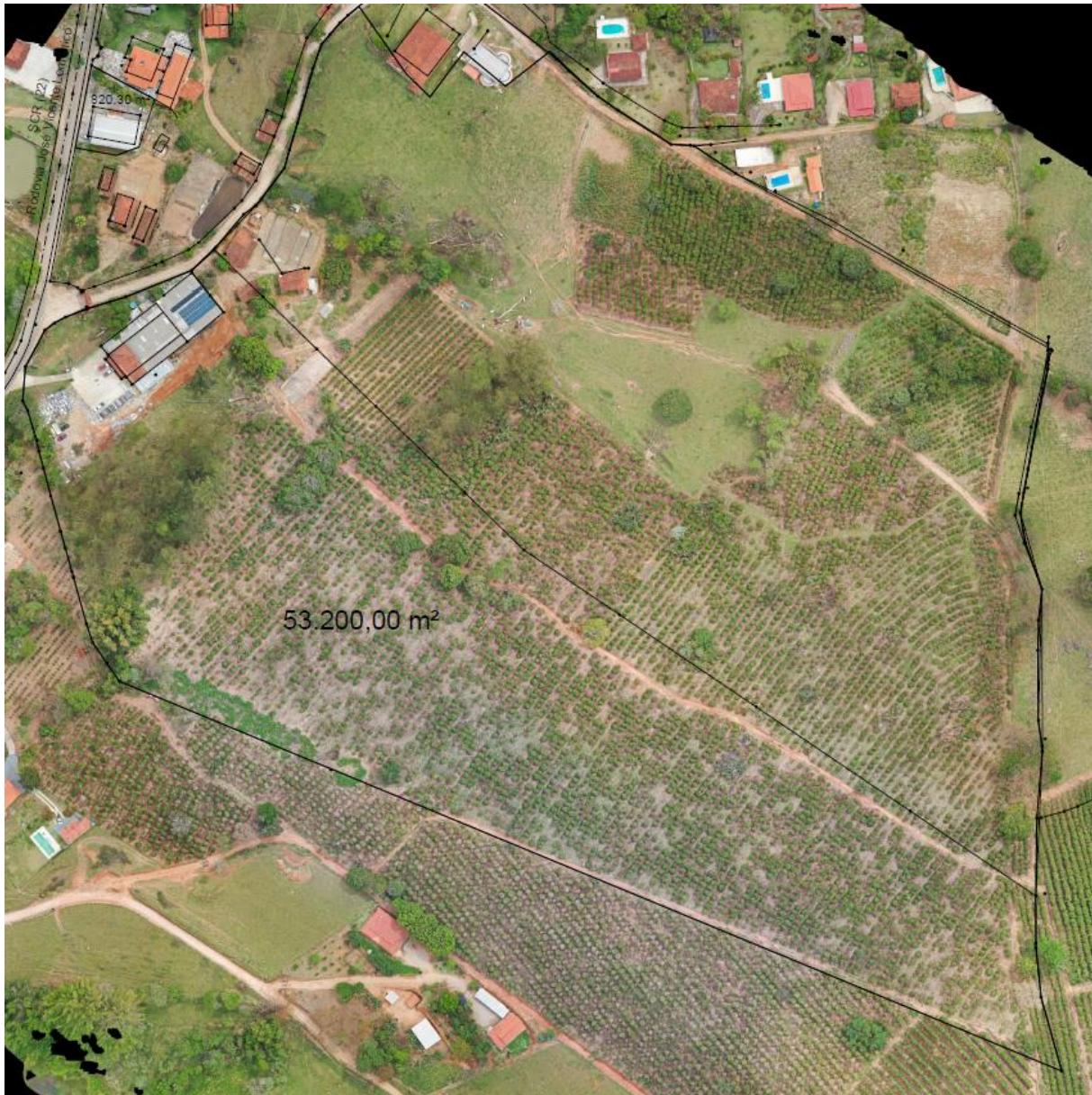


Figura 17: Comparação entre métodos: Drone e do GNSS

A topografia possui uma acurácia posicional melhor, na casa do milímetro, já a fotogrametria possui acurácia na casa dos centímetros, portanto, o uso de cada uma vai depender do problema que o projeto se propôs a solucionar.

Já quando analisamos a qualidade dos dados gerados é nítido que a fotogrametria gera uma quantidade maior de dados o que proporciona um melhor detalhamento do terreno, e somente com o drone conseguimos gerar o ortomosaico da região mapeada, produto exclusivo desta metodologia.

No quesito de produtividade a fotogrametria também sai na frente, neste trabalho a diferença não foi muito devido á área ser pequena, essa discrepância aumenta quando a área de interesse é maior, pois é possível utilizar mais tempo de voo e mapear uma área maior no mesmo dia, portanto o tempo de campo da fotogrametria será menor que do que a topografia.

Em termos de custo a fotogrametria com drones apresenta um custo menor devido a necessidade de um número menor de colaboradores em campo e da rapidez da coleta dos dados o que diminui a quantidade de dias necessários em campo gerando uma redução de equipe e gastos de logística com os funcionários.

Conclusões

Toda tecnologia possui seus pontos positivos e negativos e principalmente suas limitações, o mais importante é conhecer as características de cada uma e aplicar de acordo com as necessidades do projeto, neste trabalho nosso objetivo foi comparar os dois métodos, e a apresentar o drone como uma ferramenta que pode e vem sendo utilizada por topógrafos.

Com isso ao invés de definir a melhor metodologia, é mais interessante caracterizar as indicações de cada uma, em termos de aplicações a topografia por ser mais precisa é recomendada em projetos de locação onde não é possível ser realizado com drones e em terrenos menores, já a fotogrametria é recomendada em áreas médias e grandes, onde a vegetação seja rasteira, os resultados nos mostraram que esta ciência apresenta uma maior produtividade e um melhor detalhamento do terreno devido a quantidade superior de dados que ela adquire.

Agradecimentos

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com ajuda de diversas pessoas, dentre as quais eu agradeço:

Aos professores orientadores, que durante todos esses anos nos deram todo auxílio necessário, para que hoje pudéssemos estar concluindo esse trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil que através de seus ensinamentos permitiram que hoje pudéssemos estar concluindo este trabalho.

A todos que participaram das pesquisas, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de dados.

Aos nossos pais, que nos incentivaram a cada momento dessa jornada.

Referências Bibliográficas

Alves, D. B. M. **Desenvolvimento e Implantação do RTK em Rede para Posicionamento Geodésico no Estado de São Paulo**. 2011. Pós-Doutorado – Universidade Estadual Paulista - Departamento de Cartografia, Presidente Prudente.

Brandalize, M. C. B. **Topografia**. Artigo. PUCPR. 2020. Disponível em: < [https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2021/ARTIGO_-LEVANTAMENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS_UTILIZANDO_DRONES_E_GNSS.pdf](https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2021/ARTIGO_LEVANTAMENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS_UTILIZANDO_DRONES_E_GNSS.pdf)>.

Chamayou, G. **Teoria do drone**. São Paulo: Editora Cosac Naify, 2013.

Chicati, M. **Uso de drones no georreferenciamento de imóveis rurais para levantamento de vértices de difícil acesso**. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE - Santos, SP. 2019. ISBN: 978-85-17-00097-3.

Ge, M.; Gendt, G.; Rothacher, M.; Shi, C.; Liu, J. **Resolution of GPS Carrier-Phase Ambiguities in Precise Point Positioning (PPP) with Daily Observations**. Journal of Geodesy, v.82, n.7, DOI 10.1007/s00190-007-0187-4, p.389-399. 2008.

Hauschild, A. **Precise GNSS Clock-Estimation for Real Time Navigation and Precise Point Positioning**. 2010. PhD Thesis. Technical University of Munich, Monique, Alemanha.

Mappa. **Equipamentos topográficos: como e quando usar novas tecnologias?** Artigo. Drones na topografia. 2023. Disponível em: < <https://mappa.ag/blog/equipamentos-topograficos/>>.

Marques, H. A. M. **PPP em tempo real com estimativa das correções dos relógios dos satélites no contexto de rede GNSS**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

Nakamura, J. **O que é topografia e qual sua importância para a construção?** Artigo: Sienge. 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/topografia/>>.

Nascimento, F. **Aspectos Conceituais Sobre o uso e aplicação de drones no georreferenciamento.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 04, Vol. 04, pp. 65-82. Abril, 2021. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/drones-no-georreferenciamento>>.

Ortopixel. **Georreferenciamento com drone: o guia completo.** Artigo: Georreferenciamento, mapeamento aéreo e meio ambiente. 2021. Disponível em: <<https://ortopixel.com.br/georreferenciamento-com-drone-o-guia-completo/>>.

Pamboukian, S. V. D. **Topografia com drones e GNSS.** Artigo. Mackenzie. 2019. Disponível em: <https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2019/Trabalhos/TOPOGRAFIA_COM_DRONE_S_E_GNSS.pdf>.

Petermann, A. **Topografia: A importância para imóveis rurais.** Artigo: G&P Soluções Ambientais. 2019. Disponível em: <<https://gepsolucoesambientais.com.br/topografia-a-importancia-para-imoveis-rurais/>>.

Santos, A. B.; Gonçalves, W. D.; Pereira, T. **Estudo comparativo entre drone e global navigation satellite system (GNSS) real time kinemart (RTK) em levantamentos geodésicos em pilhas de estocagem de agregados na mineração.** Artigo. FINOM. 2021. Disponível em: <<https://www.finom.edu.br/public/assets/uploads/cursos/tcc/2021012814011714.pdf>>.

Santos, S. R. **Topografia.** Artigo. Conceitos de Topografia. UFVJM. 2016. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/07/Conceitos-de-Topografia.pdf>>.

Souza, D. J. S.; Campos, J. T.; Morais, J.; Martella, K. **Levantamentos topográfico utilizando drones e GNSS.** Artigo. Mackenzie. 2021. Disponível em: <https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2021/ARTIGO_-LEVANTAMENTOS_TOPOGR%C3%81FICOS_UTILIZANDO_DRONES_E_GNSS.pdf>.

Zhang, X.; Li, X.; Guo, F. **Satellite Clock Estimation at 1 Hz for Realtime Kinematic PPP Applications.** GPS Solutions. V.15, p.315-324, 2011.