



Utilização de Modelo Digital do Terreno (MDT) obtido por meio de Tecnologia RPA – *Remotely Pilot Aircraft* em Projetos de Rodovias

Jóri Ramos Pereira¹,

Fabiano Cardoso de Souza²,

Francisco Feiten³,

Vanildo Rodrigues⁴

Resumo: O atual e crescente avanço geotecnológico vem impulsionando novas formas de reconhecimento do espaço geográfico, estas técnicas buscam o aprimoramento dos trabalhos de levantamento topográfico convencional. O uso da tecnologia RPA- *Remotely Pilot Aircraft* já é realidade entre os profissionais nas diversas áreas da engenharia, porém, atualmente poucos estudos tratam de avaliar as reais consequências do uso desse método. Sendo assim, este estudo tem como objetivo avaliar a altimetria na utilização do produto obtido por tecnologia RPA em comparação com método já consolidado (GNSS – *Global Navigation Satellite System /RTK - Real Time Kinematic*). Foram realizados levantamentos topográficos por meio das duas técnicas em uma área de estudo de 12,5ha e após isso, avaliados por meio dos perfis topográficos as discrepâncias posicionais altimétricas. Os estudos em pontos específicos bem definidos, apresentam correlação estatística, atendendo o Decreto 89.817/ET-CQDG para Classe (A) com equidistância de curvas de nível de um metro. Nos estudos de perfis, houveram discrepâncias significativas principalmente em locais de taludes, onde pelo método RPA existe a suavização das rampas, chegando a diferença máxima de 1,66m.

Palavras-chave: GNSS; VANT; Estradas.

Sample paper to be used as model to format the articles to be submitted

Abstract: The current and growing geotechnological advance has been driving new ways of recognizing geographic space, these techniques seek to improve the work of conventional topographic survey. The use of RPA-*Remotely Pilot Aircraft* technology is already a reality among professionals in different areas of engineering, however, currently few studies try to

¹ Doutor, UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense, jori@unesc.net.

² Engenheiro Agrimensor, UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense, fabianosouza47@unesc.com.

³ Aluno de Pós-Graduação; UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Francisco.feiten2@gmail.com.

⁴ Mestre, UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense, vro@unesc.net.

evaluate the real consequences of using this method. Therefore, this study aims to evaluate the altimetry in the use of the product obtained by RPA technology in comparison with an already consolidated method (GNSS - Global Navigation Satellite System /RTK - Real Time Kinematic). Topographic surveys were carried out using the two techniques in a study area of 12.5ha and after that, altimetric positional discrepancies were evaluated through the topographic profiles. Studies at specific, well-defined points present statistical correlation, in compliance with Decree 89.817/ET-CQDG for Class (A) with equidistance of contour lines of one meter. In the profile studies, there were significant discrepancies mainly in slope locations, where by the RPA method there is slope smoothing, reaching a maximum difference of 1.66m.

Keywords: GNSS; UAV; Roads.

Introdução

Conforme Rubim e Leitão (2013), a preferência pelo transporte rodoviário no Brasil foi a partir da constituição de 1934, com a construção de novas rodovias no país, e em 1956 houve a introdução da indústria automobilística acompanhada por políticas públicas de apoio aos veículos automotores. O transporte rodoviário é importante para o desenvolvimento da logística no país. Segundo o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, 88% das estradas do país não são pavimentadas e 12% estão em condições razoáveis de tráfego (PEGORARO, 2018). Seguindo na mesma linha, Salomão *et al.*, (2019) descreve que conforme a ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre mais de 60% do transporte de cargas e 90% do transporte de pessoas é feito por rodovias. Em parte do país a situação das rodovias brasileiras é precária, apresentando vários defeitos causados por excesso de peso, buracos, defeitos nas drenagens, falta de roçadas e avanço do mato sobre a sinalização, erosões e falta de conservação (SALOMÃO *et al.*, 2019). Para a ANTT é necessário evoluir a infraestrutura de transporte e a demanda dos projetos de engenharia rodoviária (COELHO, 2015). Para a evolução de um projeto de implantação rodoviária é importante conhecer a área de estudo, buscando assim, as informações necessárias para que haja o mínimo de alteração ao ambiente e que se tenha a garantia de que este meio não cause riscos na fase operacional (SCHAFER; VIEIRA; LOCH, 2006). Um bom resultado é obtido ponderando a disponibilidade de recursos



e provocando o mínimo de distúrbio das características naturais do terreno e reduzindo futuros custos com manutenção.

Com o avanço das geotecnologias, os processos de sensoriamento remoto passaram por uma transformação (BORGES *et al.*, 2017). Atualmente, grande parte dos processos fotogramétricos locais são realizados por tecnologia RPA que fornece informações das feições físicas e geográficas do ambiente sem que se tenha contato direto com ele (CÂNDIDO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; DA SILVA *et al.*, 2016; LUZ *et al.*, 2017; LADWIG; PEREIRA; GERBER, 2021). A tecnologia RPA tem sido muito utilizada como plataforma rápida e de baixo custo na obtenção de imagens aéreas que após os processamentos fotogramétricos fornecem informações para o reconhecimento topográfico, ambiental e da paisagem (SCHAFER; VIEIRA; LOCH, 2006; COELHO, 2015; ROBERTO; GAMBA; SANO, 2019; LADWIG; PEREIRA; GERBER, 2021). No entanto, quando se deseja comparar as precisões, principalmente de altimetria da topografia com a fotogrametria são necessários cuidados como i) escala do voo, ii) pontos de controle, iii) avaliação do clima e iv) equipamentos de alta qualidade e v) pós-processamento (SILVA; COSTA, 2010; COELHO, 2015; ALVES; BAPTISTA, 2019).

Além da tecnologia RPA, também foi utilizada neste estudo a topografia convencional com a utilização de receptor GNSS. O posicionamento GNSS consiste em determinar coordenadas tridimensionais a partir de uma ou mais constelações de sistemas globais de navegação, que estão continuamente enviando sinais para os receptores, e os principais sistemas de navegação GNSS são: i) NAVSTAR-GPS; ii) GLONASS; iii) Compass/BeiDou e iv) GALILEO (INCRA, 2013; IBGE, 2017). Com a utilização desse sistema é possível determinar a posição tridimensional de qualquer ponto na superfície terrestre, ou suas proximidades em relação a um sistema de coordenadas pré-definidos, ou seja, coordenadas geocêntricas (X, Y, Z) do ponto em observação, as quais são transformadas em coordenadas geodésicas (latitude, longitude, altura elipsoidal), e em coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM) (N, E, H) (PIMENTA *et al.*, 2017).



A proposta de estudo nasce com intuito de verificar as diferenças altimétricas entre o levantamento topográfico convencional (GNSS) e por meio de tecnologia RPA. Para atingir o objetivo, foram estudados 12,5 hectares com o intuito de avaliar a variação altimétrica de pontos predefinidos e em perfis topográficos. Como ferramentas foram necessários equipamentos de coleta GNSS/RTK e também aeronave do tipo multirrotor, comumente conhecido como drone. As comparações dos pontos foram realizadas nos *softwares* CAD e GeoPEC.

Materiais e método

A área de estudo está localizada no Município de Içara – SC, no bairro Poço 8 conforme Figura 1. O polígono estudado possui dimensões de 500m X 250m e uma área de 12,5 hectares, no trecho de início do projeto de extensão da Rodovia Aristides Bolan.

A primeira etapa dos trabalhos consistiu na obtenção de controle geodésico por meio de implantação de um ponto geodésico, nesta etapa foram coletadas as informações de posicionamento geográfico por seis horas seis horas ininterruptas. Este ponto serve de referência geodésica para o levantamento de informações topográficas com tecnologia GNSS/RTK. O processamento geodésico foi realizado com auxílio do *software* TBC - Trimble Business Center. Com as coordenadas precisas obtidas, iniciaram as coletas de pontos topográficos da área de estudo. Como metodologia de coleta, foram aplicadas as orientações previstas no DNER (1999); DNIT (2005), que estabelece seções de 20 em 20 metros para coleta das informações topográficas e onde houver necessidade o espaçamento deve ser reduzido a 10 metros.

Após a realização do levantamento topográfico convencional com a receptor GNSS/RTK, aplicou-se o aerolevantamento. Para a aquisição das imagens, foi adotado a metodologia proposta por Ladwig, Pereira e Gerber (2021), utilizando como equipamento de voo o Drone Phantom 4 Pro V2.0.

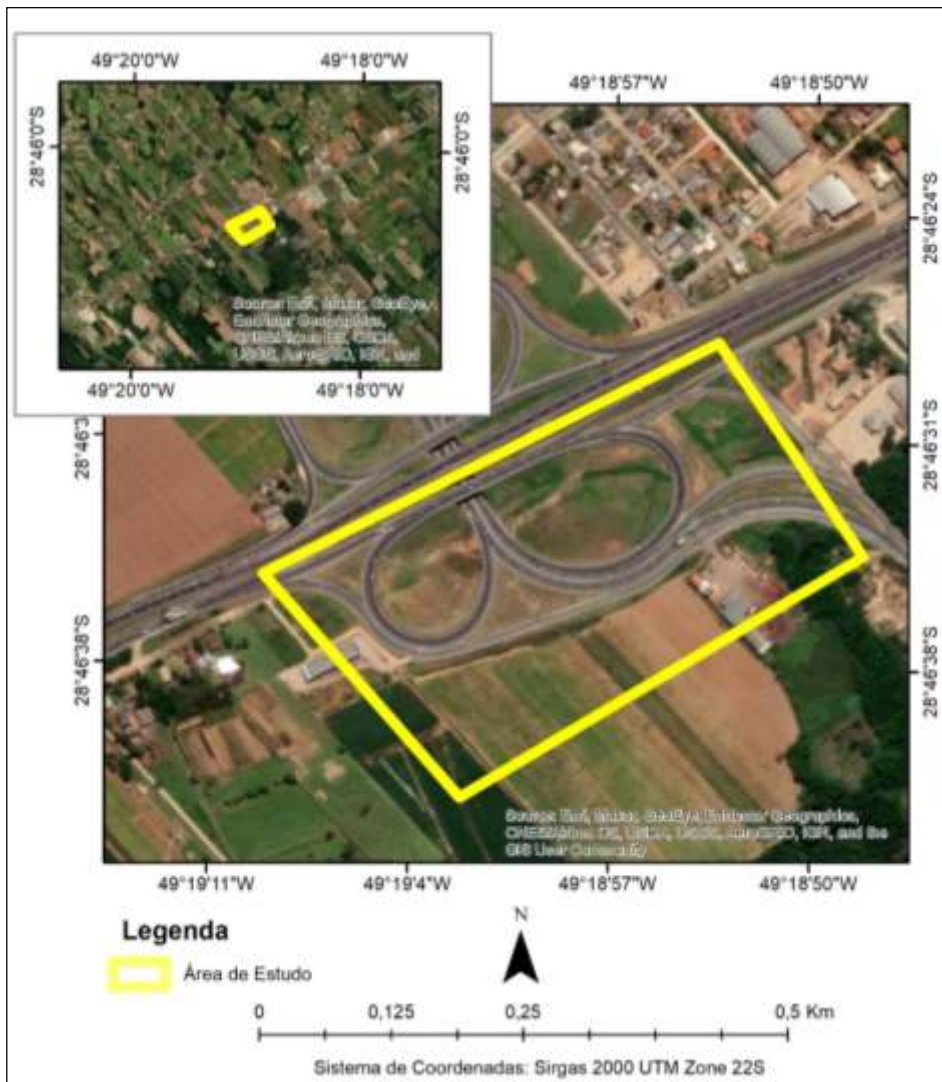


Figura 1. Localização da área de estudo.

As etapas de projeto foram as seguintes, i) apoio terrestre, ii) pontos de controle, iii) pontos de checagem, iv) plano de voo, v) aerolevantamento e vi) aquisição das imagens, seguidos de processamento digital de imagem e avaliação da discrepância posicional planimétrico, tendo como parâmetro o Decreto nº 89.817-84 / ET-CQDG - Brasil, conforme ilustrado na Figura 2.

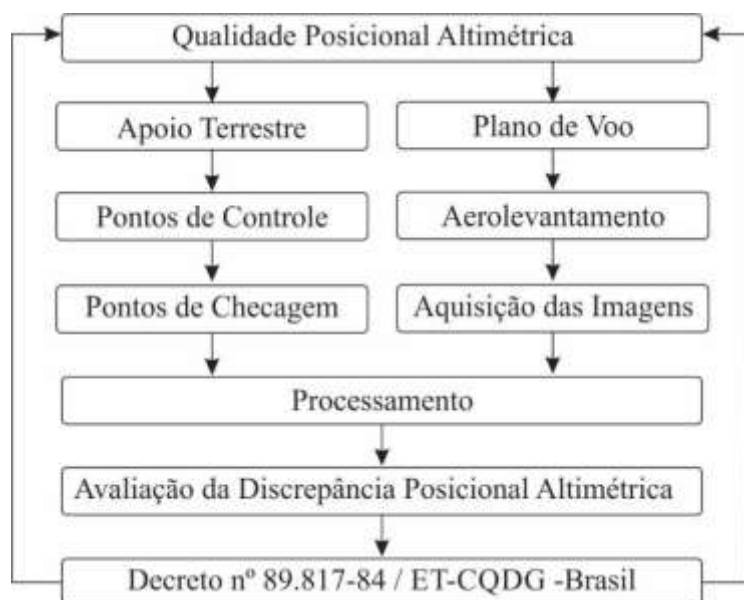


Figura 2. Método de aerolevamento por meio de tecnologia RPA.

Neste momento é realizado o reconhecimento da área sobrevoada, com a delimitação do polígono de interesse bem definida foram planejados os pontos de controle, que são referência para orientação das imagens. Ao total foram inseridos seis 6 pontos de controle na área de 12,5 ha. Para a implantação dos pontos de controle é observada a morfologia do terreno, bem como, contraste das feições de campo, além de uma boa distribuição em todo planejamento de voo (COSTA; SILVA, 2012; DA SILVA *et al.*, 2016). Os pontos de controle foram fisicamente implantados, utilizando cal no formato de “X”. A altura de voo deste estudo foi de 150 m. A escala do voo estabelece uma relação direta com a área de cobertura e com o GSD – *Ground Sample Distance* da imagem. Esta altura permite uma imagem de aproximadamente 0,05 m de resolução espacial (GSD de 0,05m).

O plano de voo foi realizado com auxílio do aplicativo *Drone Deploy*. A velocidade de voo estipulada foi de 15 m.s^{-1} e o recobrimento das fotos configurados para 75% lateral e 65% frontal. Antes de executar o voo foram observadas algumas condições climatológicas, como os ventos, que não poderiam ultrapassar 15 km. h^{-1} para que não influenciasse na estabilidade do drone, o horário, já que é preferível sobrevoar entre 9 h e 15 h devido a boa luminosidade e não haver excesso de sombreamento, e por fim, evitar dias muito nublado para ter boa qualidade



nas imagens (SILVA; COSTA, 2010; COELHO, 2015; ALVES; BAPTISTA, 2019). A decolagem e pouso são realizados no mesmo local e deve ser efetuada longe da fiação elétrica, árvores e edifícios para evitar possíveis problemas de colisão nesses objetos, sendo recomendado que seja realizado em locais abertos e o mais próximo do centro do polígono a ser sobrevoado, pois ajuda no sinal de rádio e em um possível pouso de emergência.

A execução do voo é o momento em que é realizada todas as verificações dos equipamentos em solo e observado todas as condições para o voo, caso seja detectado algum problema a operação deve ser cancelada e após as correções o drone deve ser lançado, iniciando a execução do voo. Em solo, o operador do controle fica observando em tela do *smartphone* as condições do voo como distância entre equipamento e a base de lançamento, altitude e velocidade do voo, número de satélites GPS em operação, sinal de rádio, carga de bateria, tempo de voo, ângulo da câmera, número de fotos tiradas e o plano de voo em execução (DA SILVA *et al.*, 2016).

No pós voo, ou etapa de pós-processamento, foram avaliadas a nitidez, contraste e também se todo o caminho pré-definido pelo plano de voo foi percorrido sem falhas, ou por consequências da câmera, ou por deslocamento das linhas de base (DA SILVA *et al.*, 2016). Após a verificação dos dados três tarefas são realizadas em *software* específico: i) processamento inicial de qualidade; ii) análise de correspondência das imagens para a geração do ortomosaico e a iii) calibração das imagens (GERKE, 2017). Na segunda etapa, foram geradas as informações de nuvem de pontos por meio da técnica de ajuste de feixes em bloco de triangulação aérea, e na terceira etapa são gerados o MDS - Modelo Digital de Superfície e posteriormente o MDT - Modelo Digital do Terreno. O processo de ortoretificação corrige as condições de visadas cônicas das imagens obtidas pelo sensor em imagens ortogonais, já os deslocamentos são corrigidos em relação ao relevo, a inclinação da câmera. Para obtenção das informações confiáveis de ângulos e distâncias a imagem deve ser georreferenciada (HU; TAO; CROITORU, 2004).

A avaliação altimétrica foi realizada por meio de teste estatístico t de Student com auxílio *software* GeoPEC versão 3.5.2, que utiliza os pontos de checagem do ortomosaico



obtido por RPA e o levantamento topográfico convencional (GNSS/RTK). Para desenvolver os cálculos estatísticos foi utilizado as diretrizes do Decreto N° 89.817/ ET-CQDG que estabelece critérios para a classificação das cartas topográficas para definir sua exatidão e distribuição dos erros de posicionamento que é denominado de Padrão de Exatidão cartográfica (PEC) (BRASIL, 1984). No total foram comparados 21 pontos de checagem com boa distinção entre objetos como i) meio fio, ii) bocas de lobo, iii) bordo de pista (Figura 3). A Especificação Técnica de Controle de Qualidade em Dados Geoespaciais (ET-CQDG) adota tolerâncias mais restritivas que o Decreto N° 89.817. Seu objetivo é padronizar a comparação dos dados Geoespaciais, descrever os procedimentos de avaliação e apresentar os parâmetros de conformidade dos produtos de referência no Brasil. Sua criação é baseada em normas nacionais e internacionais utilizadas para avaliação e aquisição de dados Geoespaciais (BRASIL, 2016).

A outra etapa consistiu na avaliação da altimetria em ambiente *Computer Aided Design* (CAD) por meio de perfis definidos e equidistantes a cada 150 metros, com estacas de comparação a cada 20 metros para comparação da altimetria do MDT produzido por topografia convencional (GNSS/RTK) e por meio do MDT obtido pela tecnologia RPA.

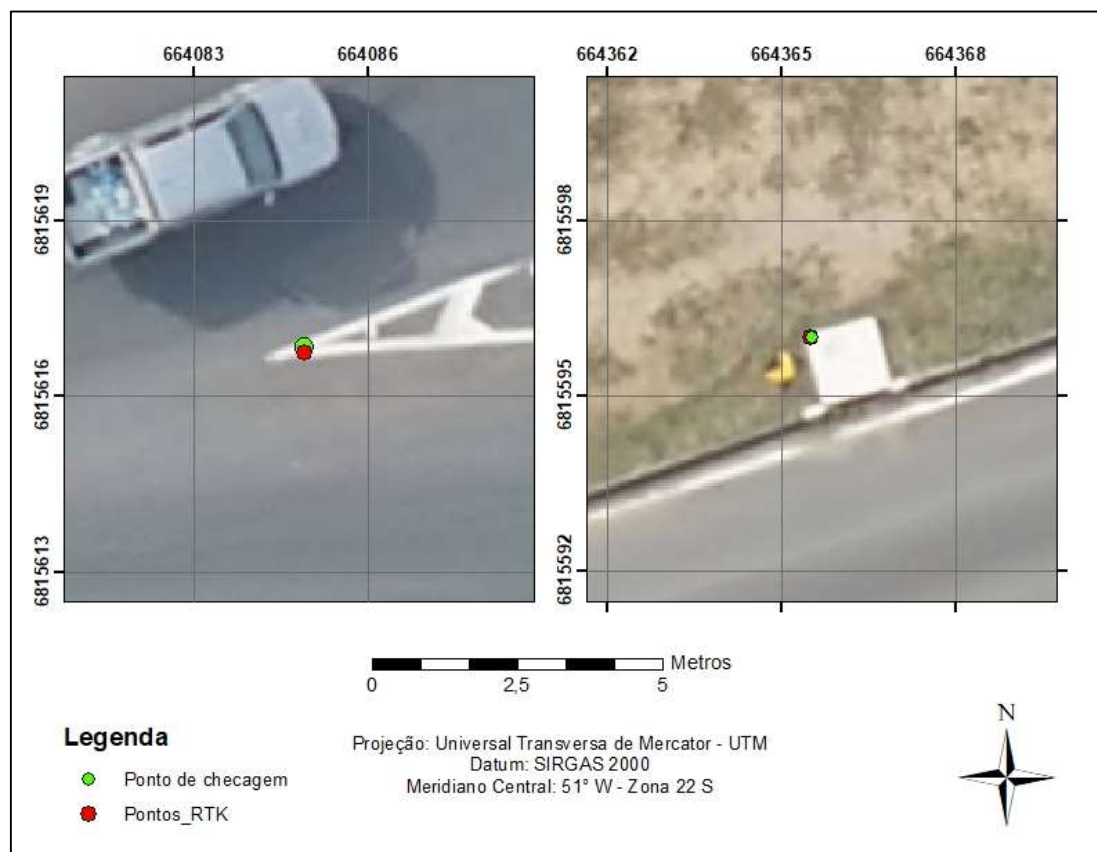


Figura 3. Pontos de checagem para teste estatístico RPA.

Para verificação, foi gerado as curvas de nível para os dois métodos de levantamento, e logo após, criados três alinhamentos (Central, A e B), a Figura 4 apresenta os traçados avaliados.



Figura 4. Perfis longitudinais equidistantes a 150 m para comparação de altitude entre as estacas de 20 em 20 m.

Resultados e Discussões

Após a inserção das coordenadas e cotas obtidas pela topografia por GNSS/RTK no *software* GeoPEC, foi utilizado o ortomosaico gerado a partir do levantamento por RPA para obter as coordenadas e cotas dos pontos para a análise estatística. O teste de normalidade

aplicado pelo método de *Shapiro-Wilk*, as amostras apresentaram um resultado normal. O resultado do teste t de *Student*, apresentou uma amostragem sem tendência. Na Figura 5, pode ser observado o gráfico das discrepâncias de cada um dos 21 pontos analisados. Ainda, a Figura 5 apresenta as diferenças altimétricas de cada ponto em comparação com o levantamento pelo método GNSS/RTK e os dados coletados por meio do ortomosaico gerado pelo levantamento por RPA.

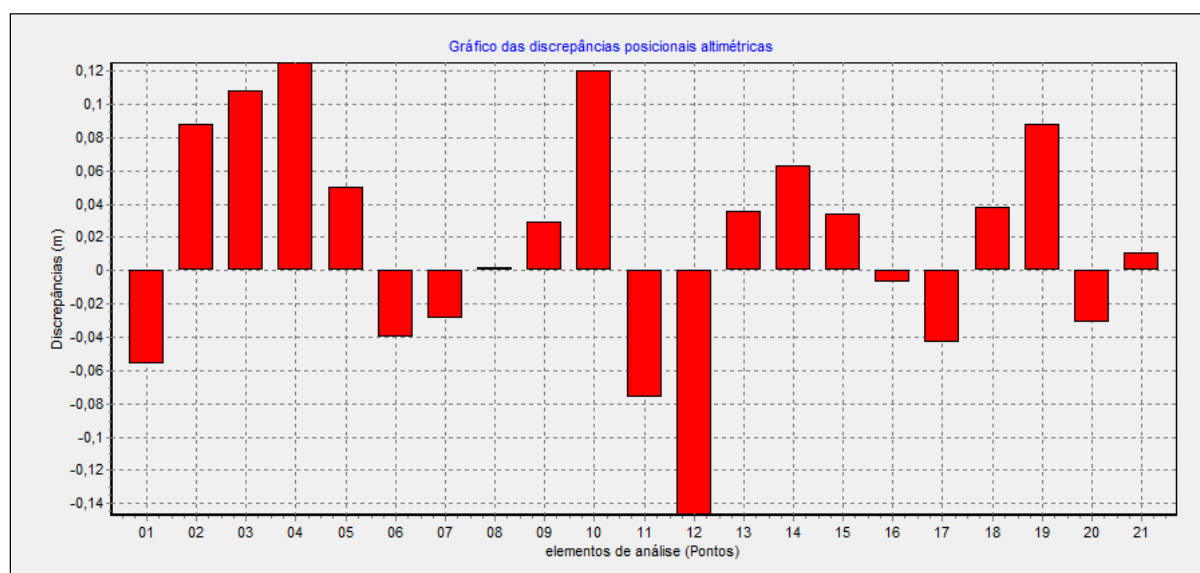


Figura 5. Discrepâncias posicionais entre a altitude obtida por meio de topografia com equipamento GNSS/RTK e RPA.

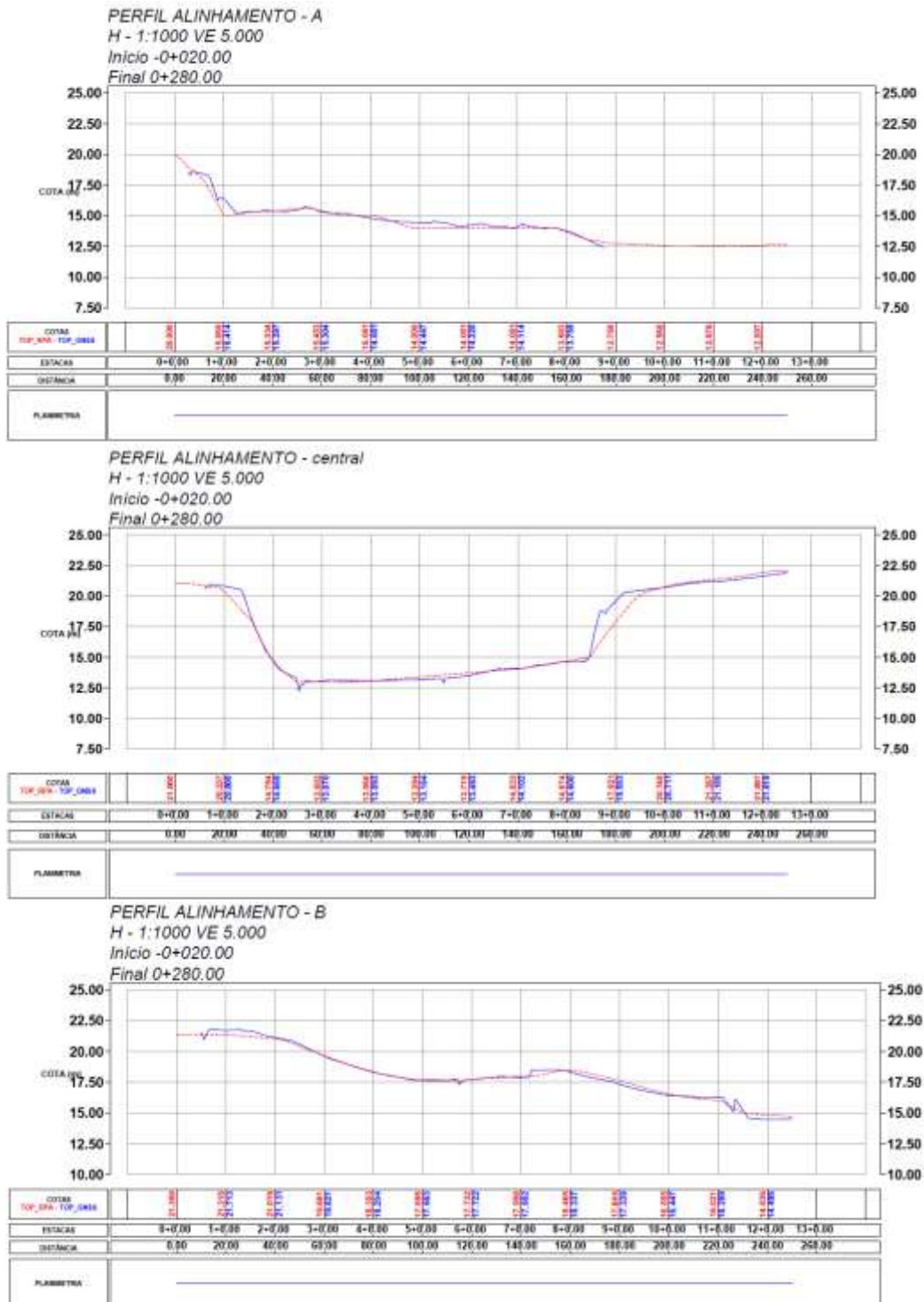
O resultado estatístico obtido a partir dos vinte e um 21 pontos analisados podem ser observados na Tabela 1. A média na diferença altimétrica é de 0,0176 m. Já a variação do desvio padrão chega a 0,0719 m, e a variação máxima percebida foi de 0,125 m, e a mínima de -0,147 m. As amostragens tiveram um resultado condizentes com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de 0,27m, o que coloca a amostra em uma classificação de Classe A e equidistância entre curvas de 1 m. Ainda, as amostras tiveram resultados de normalidade e não tendência.

Tabela 1. Diferenças altimétricas nos pontos de checagem.

| Estatística | Resultante (m) |
|--------------------|-----------------------|
| Média | 0,0176 |
| Desvio Padrão | 0,0719 |
| RMS | 0,0721 |
| Máximo | 0,125 |
| Mínimo | -0,147 |

Comparando os dois métodos de levantamento sobrepostos em perfil, é perceptível a diferença altimétrica encontrada, como pode ser observado na Figura 6.

Ao analisar os perfis sobrepostos, foram observados a existência de diferenças, principalmente, nos pontos das canaletas de drenagem onde foram coletados pontos com o GNSS/RTK, detalhando sua seção. Pelo método do RPA os detalhes de canaletas de drenagem não foram identificados de forma altimétrica. Nos locais de taludes, se percebe as maiores diferenças entre os métodos, as inclinações do perfil gerado por RPA é mais suave, enquanto que, pelo método GNSS/RTK o talude é mais inclinado, isso ocorre pela suavização no processamento fotogramétrico. Já em locais planos ou com pouca declividade os perfis são semelhantes. A diferença altimétrica no estaqueamento dos perfis pode ser analisado na Tabela 2.



Figura

6. Perfis longitudinais

Tabela 1 - Diferenças altimétricas entre perfis

| Perfil | Estaca | H RPA (m) | H GNSS(m) | Diferença (m) |
|---------------|--------|-----------|-----------|---------------|
| Central | 1,00 | 20,33 | 20,80 | -0,47 |
| | 2,00 | 14,75 | 14,66 | 0,09 |
| | 3,00 | 13,00 | 13,07 | -0,07 |
| | 4,00 | 13,06 | 13,09 | -0,03 |
| | 5,00 | 13,39 | 13,16 | 0,23 |
| | 6,00 | 13,71 | 13,49 | 0,22 |
| | 7,00 | 14,03 | 14,10 | -0,07 |
| | 8,00 | 14,67 | 14,60 | 0,07 |
| | 9,00 | 17,92 | 19,58 | -1,66 |
| | 10,00 | 20,74 | 20,71 | 0,03 |
| | 11,00 | 21,35 | 21,18 | 0,17 |
| | 12,00 | 21,89 | 21,61 | 0,28 |
| A | 1,00 | 15,06 | 16,41 | -1,35 |
| | 2,00 | 15,33 | 15,39 | -0,06 |
| | 3,00 | 15,45 | 15,30 | 0,15 |
| | 4,00 | 15,00 | 14,80 | 0,20 |
| | 5,00 | 14,00 | 14,44 | -0,44 |
| | 6,00 | 14,00 | 14,20 | -0,20 |
| | 7,00 | 14,00 | 14,11 | -0,11 |
| | 8,00 | 13,68 | 13,75 | -0,07 |
| B | 1,00 | 21,31 | 21,71 | -0,40 |
| | 2,00 | 21,01 | 21,13 | -0,12 |
| | 3,00 | 19,66 | 19,62 | 0,04 |
| | 4,00 | 18,35 | 18,29 | 0,06 |
| | 5,00 | 17,69 | 17,66 | 0,03 |
| | 6,00 | 17,73 | 17,72 | 0,01 |
| | 7,00 | 17,99 | 17,88 | 0,11 |
| | 8,00 | 18,46 | 18,33 | 0,13 |
| | 9,00 | 17,64 | 17,33 | 0,31 |
| | 10,00 | 16,55 | 16,44 | 0,11 |
| | 11,00 | 16,02 | 16,29 | -0,27 |
| | 12,00 | 14,83 | 14,49 | 0,34 |
| Média | | | | -0,09 |
| Desvio Padrão | | | | 0,42 |



No perfil central, a diferença média de altitude entre os métodos foi de 0,10 m, com desvio padrão de 0,53 m e variação máxima de 1,66 m, na estaca 9, que representa a suavização no talude. Nas oito estacas avaliadas para o perfil A a média foi de 0,24 m, o desvio padrão de 0,49 m e a máxima diferença de 1,35m, variação também encontrada no talude. O perfil B apresentou resultados, tendo como média 0,35 m de variação, desvio padrão de 0,21 m e máxima de 0,40 m, sobre a pista de rolagem da BR-101. De forma geral, a média foi de 0,09 m e desvio padrão de 0,42 m o que resulta em dados que resultam em imprecisões em trabalhos executivos a nível de engenharia.

Conclusões

A finalidade deste trabalho foi avaliar a utilização do Modelo Digital do Terreno (MDT) em projetos de rodovias gerado por meio da tecnologia RPA. Para fins de comparação foi utilizado a topografia convencional com receptor GNSS/RTK. As duas avaliações apresentaram situações e resultados distintos. Na avaliação de pontos de checagem específicos bem definidos em campo, a avaliação se demonstrou satisfatória para utilização em projetos de rodovias, atendendo as normas de padrão cartográfico Decreto N° 89.817/ET-CQDG para classe A.

A etapa de avaliação de perfis a variação altimétrica em estacas apresentaram altos índices, principalmente em taludes, prejudicando a determinação de pontos em aclives e declives. A variação máxima foi de 1,66 m, com média geral nas variações de 0,09 m e desvio padrão de 0,42 m.

Conclui-se, portanto, que as geotecnologias são ferramentas de grande importância para o desenvolvimento de trabalhos de engenharia, contudo, cuidados quanto a forma de aplicação, bem como a avaliação dos dados obtidos, deve ser constante para minimizar os impactos na execução de obras rodoviárias no país.

Referências Bibliográficas

Volume 7 – n. 2 – 2022
<http://periodicos.unesc.net/engcivil>



ALVES, S. DE S. O.; BAPTISTA, A. C. **Processamento e avaliação posicional de produtos cartográficos obtidos por uma RPA em região de relevo acidentado.** Anais do XIX Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR - Santos, 2019.

ASPRS. *ASPRS Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2013.

BORGES, R. O.; FAZAN, A. J.; SOBRAL, L. T.; RIBEIRO, R. F.; LANZA, D. S. **Utilização de Drones de pequeno porte como alternativa de baixo custo para realização de levantamentos topográficos.** Novembro, 2017.

BRASIL. Decreto N° 89.817, de 20 de Junho de 1984, p. 3–7, 1984. BRASIL. **Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geospaciais (ET-CQDG)**, v. 1o Edição, 2016.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; DA SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. **Imagens de alta resolução espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo.** Anuario do Instituto de Geociencias, v. 38, n. 1, p. 147–156, 2015.

COELHO, I. A. **Avaliação da qualidade posicional de dados oriundos de Vant para mapeamento fotogramétrico aplicado em Projetos Rodoviários.** Novembro, 2015.

COSTA, G. C.; SILVA, D. C. DA. **Pré-sinalização de Pontos de apoio em Aerofotogrametria com câmeras de pequeno formato.** IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, p. 1–9, 2012. DNER. Manual de Projeto Geométrico, 1999.

DNIT. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários**, v. 2a Edição, 2005.

GERKE, T. **Mineração de dados de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada para estimativa de produtividade do trigo.** Dissertação de Mestrado, 2017.

HU, Y.; TAO, V.; CROITORU, A. *Understanding the rational function model: methods and applications.* *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 35, p. 663–668, 2004.

IBGE. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**, 2017.

INCRA. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais.** Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, v. 1a Edição, 2013.



- LADWIG, I. N.; PEREIRA, J. R.; GERBER, R. **Ortomosaico obtido com uso de aeronave remotamente pilotada – RPA: Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)**.p. 1–14, 2021.
- LUZ, C. C. DA; BUFFARA ANTUNES, A. F.; RATTON, P. **Aplicabilidade da tecnologia VANT na atualização de bases de dados cartográficos**. Boletim Paranaense de Geociências, v. 73, n. 1, p. 34–45, 2017.
- PEGORARO, J. F. **A importância e os desafios da logística no transporte em rodovias e estradas do Brasil**. 2018.
- PIMENTA, C. R. T.; SILVA, I. DA; OLIVEIRA, M. P. DE; SEGANTINE, P. C. L. **Projeto Geométrico de Rodovias**, 2017.
- ROBERTO, S.; GAMBA, H.; SANO, E. E. **Avaliação o padrão de exatidão cartográfica em ortomosaicos obtidos por meio de RPA**. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR - Santos, 2019.
- RUBIM, B.; LEITÃO, S. **O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades**. Estudos Avançados, p. 55–66, 2013.
- SALOMÃO, P. E. A.; PEREIRA, R. M.; CARVALHO, P. H. V. DE; RIBEIRO, P. T. **A importância dos serviços de conservação em rodovias pavimentadas**. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 8, 2019.
- SCHAFER, A. G.; VIEIRA, H.; LOCH, R. E. N. **Utilização do sensoriamento remoto em projetos rodoviários no Brasil: um histórico**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, v. 9, p. 45–54, 2006.
- SILVA, C. A. DA; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; **Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LIDAR**. BSG - Boletim de Ciências Geodésicas, v. 22, n. 1, p. 73–94, 2016.
- SILVA, C.; ALBERTO, J. G.; BASTOS, L. **Uso de dados VANT na vetorização de rodovias**. Atas da I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologia de Informação Geográfica, v. I, p. 767–788, 2015.
- SILVA, D. C. DA; COSTA, G. C. **Aerofotogrametria em Projetos de Estradas**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010.