

# CARACTERIZAÇÃO ALTIMÉTRICA ATRAVÉS DE SENSOR MULTIESPECTRAL EMBARCADO EM AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

D. L. Rosalen<sup>1</sup>, M. J. Goes<sup>1</sup>, C. V. G. Pinhat<sup>1</sup>, I. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, Brasil

<sup>2</sup>Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

## RESUMO

Levantamentos topográficos planialtimétricos que permitem a caracterização altimétrica de uma gleba de terras são fundamentais para projetos de plantio, de irrigação, de práticas conservacionistas e de planejamento do uso do solo. Destaca-se que a utilização de métodos autônomos de navegação de máquinas agrícolas exige também a caracterização altimétrica para fins de planejamento das linhas de semeadura ou plantio. Atualmente, o Sensoriamento Remoto no nível aéreo, pode ser realizado através de Aeronave Remotamente Pilotada - RPA. Sensores multiespectrais tiveram suas dimensões e massa reduzidos de forma a serem embarcados em RPAs de pequeno porte e permitem, quando comparados aos sensores RGB (*Red/Green/Blue*) ou NIR (*Near Infrared*), o registro, simultâneo e independente, de um maior número de bandas espectrais, possibilitando a detecção de diferentes formas de estresse vegetal. Dessa forma, entende-se que o uso de RPAs equipados com sensores multiespectrais para detecção de estresse é bastante promissor; porém, há a necessidade da realização de trabalhos que verifiquem a viabilidade da utilização destes para a caracterização altimétrica, ampliando o leque de aplicações desta modalidade de sensor e, dentro de certos limites, dispensar a utilização de sensores RGB voltados exclusivamente para levantamentos topográficos planialtimétricos. Neste contexto, objetivou neste trabalho verificar a compatibilidade da utilização desta modalidade de sensor para fins de caracterização altimétrica de terreno. Para tanto, realizou-se um levantamento *in loco*, utilizando-se posicionamento relativo GNSS, de uma gleba de terras e comparou-se este com os mapeamentos realizados a partir de imagens obtidas por RPA equipada com sensor multiespectral Parrot Sequoia e RPA equipada com sensor RGB de alta qualidade (modelo senseFly SODA). A partir dos dados obtidos foram confeccionadas plantas topográficas, assim como a análise estatística da diferença altimétrica absoluta entre o levantamento realizado *in loco* com os dois aerolevantamentos. Os resultados indicaram que a diferença média de altitudes para o sensor multiespectral foi de 0,16 m +/- 0,02 m e para o sensor RGB foi de 0,07 m +/- 0,01 m e que ocorreu diferença significativa entre esses valores. Destaca-se que apesar do sensor multiespectral ter alcançado resultados na ordem de decímetros, sua qualidade para descrição altimétrica é inferior ao sensor RGB, sendo assim o uso dessa modalidade de sensor deve ser avaliada em função da qualidade almejada no levantamento altimétrico.

**Palavras-chave:** Aerofotogrametria, RPA, Modelo Digital de Terreno.

## ABSTRACT

Planialtimetric surveys that allow the altimetric characterization of a landslide are fundamental for projects of planting, irrigation, conservation practices and land use planning. It should be noted that the use of autonomous methods of navigation of agricultural machinery also requires the altimetric characterization for the purposes of planning the sowing or planting lines. Currently, Remote Sensing at the air level can be performed through Remotely Piloted Aircraft - RPA. Multispectral sensors have had their dimensions and mass reduced in order to be embedded in small RPAs and allow, when compared to the RGB (*Red / Green / Blue*) or Near Infrared (NIR) sensors, the simultaneous and independent recording of a larger number of spectral bands, allowing the detection of different forms of plant stress. Thus, it is understood that the use of RPAs equipped with multispectral sensors for the detection of stress is very promising; however, it is necessary to carry out work that verifies the feasibility of the use of these for the altimetric characterization, expanding the range of applications of this type of sensor and, within certain limits, to dispense the use of RGB sensors exclusively for surveying planialtimetric. In this context, this paper aimed to verify the compatibility of the use of this type of sensor for the purposes of altimetric terrain characterization. In order to do so, an on-site survey was carried out using a GNSS relative positioning of a land plot and compared with the mappings made

from images obtained by RPA equipped with Parrot Sequoia multispectral sensor and RPA equipped with sensor High quality RGB (SODA senseFly model). From the data obtained were made topographic plants, as well as the statistical analysis of the absolute altimetric difference between the survey performed *in loco* with the two aerial surveys. The results indicated that the mean difference in altitudes for the multispectral sensor was 0.16 m +/- 0.02 m and for the RGB sensor it was 0.07 m +/- 0.01 m and that there was a significant difference between these values. It should be noted that although the multispectral sensor has achieved results in the order of decimeters, its quality for altimetric description is inferior to the RGB sensor, so the use of this sensor modality must be evaluated according to the quality desired in the altimetric survey.

**Keywords:** Aerophotogrammetry, RPA, Digital Terrain Model.

## 1- INTRODUÇÃO

Levantamento topográfico pode ser definido como um conjunto de operações para determinar a posição relativa de pontos na superfície terrestre, geralmente realizado em áreas de dimensões mais restritas e destinadas a finalidade diversas, como cultivo agrícola, construções, implantação de loteamentos, estradas, etc. O levantamento *in loco* pode ser realizado através de instrumentos óticos como Estações Totais ou por posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*), sendo que este último permite também o georreferenciamento direto da área levantada. O levantamento topográfico pode ser de natureza planimétrica quando o objetivo do levantamento não envolve a caracterização altimétrica do terreno e planialtimétrico quando essa caracterização é realizada. Destaca-se que a representação da altimetria em plantas topográficas é realizada através de curvas de nível, mapas de declividade e em termos matemáticos, através de um modelo digital de terreno – MDT (ROSALEN et al., 2010).

Levantamentos planialtimétricos que permitem a caracterização altimétrica de uma gleba de terras, dentro das atividades agrícolas, é fundamental para projetos de plantios, de irrigação, práticas conservacionistas e planejamento do uso do solo. Destaca-se que hoje com a difusão de geotecnologias e tecnologias de automação na produção agrícola, que permitem uma gestão agrícola numa escala muito grande ou localizada ("Agricultura de Precisão"), a utilização de métodos autônomos de navegação de máquinas agrícolas exige a caracterização altimétrica da gleba para fins de planejamento das linhas de semeadura ou plantio, inclusive essa caracterização pode ser realizado através do próprio sistema de navegação instalado em máquinas agrícolas, desde estes tenham receptores GNSS operando em métodos de posicionamento de qualidade compatível (ROSALEN et al., 2016).

Além dos métodos de levantamentos realizados *in loco*, citadas anteriormente, a caracterização altimétrica pode ser também realizada através da tecnologia de Sensoriamento Remoto.

Na atualidade, o Sensoriamento Remoto no nível aéreo, tem sido realizado, devido a uma série de vantagens, através de Veículos Aéreos Não Tripulados - VANT ou ainda Aeronave Remotamente Pilotada -

RPA. Essa modalidade de aeronave pode ser definida como uma aeronave não tripulada e pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota, conforme a ICA 100-40 que trata de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (DECEA, 2015). Destaca-se que, tecnicamente, a terminologia RPA tem sido mais recomendada pelos órgãos regulamentadores em detrimento do termo VANT.

Com relação a sensores, inicialmente devido a limitações de carga útil que uma RPA de pequeno porte podia transportar, a modalidade de sensores restringia-se a câmeras digitais comuns de boa resolução, sensíveis a faixa do visível (sensores RGB - *Red/Green/Blues*). Essas câmaras podiam sofrer adaptações para registrarem a banda do infravermelho próximo (sensores NIR - *near-infrared*) para a determinação de índices de vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), fundamentais para a realização de diagnósticos da ocorrência de pragas, doenças ou deficiência nutricional em culturas (ROSALEN et al., 2017). Para fins específicos de levantamentos topográficos são geralmente utilizados os sensores RGB (SENSEFLY, 2014). Destaca-se também que a tecnologia RPA em levantamentos topográficos é recomendada para o mapeamento de áreas de difícil acesso e/ou para a caracterização de elementos geográficos sinuosos como cursos d'água e zonas costeiras, como citado nos trabalhos de Turner et al. (2016), Rosalen (2015) e Guillot e Pouget (2015).

Posteriormente, sensores ativos de tecnologia LiDAR (*Light Detection And Ranging*), já utilizados em aeronaves convencionais principalmente para caracterização altimétrica, passaram por um processo tecnológico que reduziu suas dimensões e massa, possibilitando seu uso em plataformas RPA de pequeno porte.

Como exemplo do uso dessa modalidade de sensor para fins de caracterização altimétrica, pode-se citar o trabalho de Díaz-Vilariño et al. (2016) que estudaram a utilização de VANT para elaboração de modelos de escoamento de água em sistemas viários; os resultados encontrados por esses autores que compararam sensor ótico passivo (RGB) com a tecnologia LiDAR mostraram que os sensores RGB ficou aquém da tecnologia LiDAR.

De forma similar, sensores multiespectrais (passivos), de uso muito comum em plataformas

orbitais, também tiveram suas dimensões e massa reduzidos de forma a serem embarcados em RPAs de pequeno porte. Ressalta-se que sensores multiespectrais permitem, quando comparados aos sensores RGB ou NIR, o registro, simultâneo e independente, de um maior número de bandas espectrais (ROSALEN et al., 2017). Registro esse com uma qualidade radiométrica superior e, portanto, proporcionando maior eficiência para a determinação de índices de vegetação.

Já existem diferentes estudos da utilização de RPAs para fins de caracterização altimétrica, como o trabalho de Uysal et al. (2015) obteve uma qualidade de aproximadamente 7 cm, numa altura de voo de 60 m com 27 pontos de controle, na avaliação de um MDT gerado a partir de uma RPA. Também, Kršák et al. (2016) avaliaram o desempenho de um VANT de baixo custo para fins de elaboração de MDT, comparando este com um levantamento *in loco* realizado por Estação Total e verificaram que o método atendeu as normas prescritas na Eslováquia para a finalidade de levantamento altimétrico em mineração. Também, Clapuyt et al. (2014) alcançaram na modelagem digital de terreno, erros na ordem de centímetros com implantação de 30 pontos de controle e com 50 m de altura de voo.

A utilização de sensores multiespectrais para a caracterização altimétrica permitiria a essa modalidade de sensor uma dupla finalidade de uso: a determinação de índices de vegetação e o levantamento altimétrico, principalmente voltado para a geração de linhas de plantio ou de semeadura para fins de navegação autônoma de máquinas agrícolas. Destaca-se que trabalhos que avaliem essa modalidade de sensores para a finalidade de caracterização altimétrica ainda não são muito usuais.

Dessa forma, entende-se que o uso de RPAs para caracterização altimétrica é bastante promissor. Porém, há a necessidade da realização de trabalhos que verifiquem o uso de uma maior quantidade de pontos de controle e também de outras modalidades de sensores além dos sensores óticos RGB e NIR, como os sensores multiespectrais.

Dentro do contexto anteriormente apresentado e considerando-se a utilização de sensores multiespectrais em atividades relacionadas a agronomia, objetiva-se neste trabalho verificar a compatibilidade da utilização desta modalidade de sensor para fins de caracterização altimétrica de terreno.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido numa área agrícola (com cerca de 4200 m<sup>2</sup>), situada em torno da latitude

de 21°14'52"S e longitude de 48°21'17"W, no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

Realizou-se o levantamento *in loco* utilizando-se o receptor Trimble R6 e coletor de dados TSC3 (Figura 3). O método de levantamento foi o relativo semicinemático pós-processado. A precisão nominal deste equipamento, para o posicionamento relativo semi-cinemático (linhas de base inferiores a 30 km) é de 8 mm + 1 mm km<sup>-1</sup> (planimetria) e de 15 mm + 1 mm km<sup>-1</sup> para altimetria. Na área do levantamento altimétrico implantou-se cinco pontos de controle e o georreferenciamento destes foi realizado utilizando-se os mesmos equipamentos e métodos para o levantamento altimétrico *in loco* do terreno.

As aeronaves remotamente pilotadaa (RPA) utilizadas foram o modelo eBee SQ equipada com sensor Sequoia (SENSEFLY, 2017; SENSEFLY, 2017b) e o eBee Plus equipada com sensor SODA, ambas da marca Sensefly/Parrot. A altura de voo adotada foi de 80 m. Para a geração dos mosaicos e do MDT, será utilizado o *software* Terra 3D (SENSEFLY, 2016) da Pix4D.

Considerando-se as altitudes obtidas no levantamento *in loco* como valores de referência, calculou-se os erros (Mikhail e Gracie, 1981; Monico et al., 2009) de altitude obtidos nos dois modelos digitais de terreno confeccionados a partir dos aerolevamentos (câmera Sequoia e câmera SODA). Foram amostradas em torno de 30 pontos. Aplicou-se teste Tukey de comparação de médias, considerando como nível de significância de 5%. Utilizou-se o *software* AgroEstat para essa análise. com *software* Métrica Topo confeccionou-se plantas topográficas da área para fins de análise visual. O modelo de interpolação adotado para todos os levantamentos na geração do modelo digital de terreno foi a triangulação com interpolação linear.

## 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 exhibe o resultado da análise estatística dos erros altimétricos obtidos a partir dos dados dos dois aerolevamentos realizados.

TABELA 1 – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ERROS ALTIMÉTRICO OBTIDOS NOS DOIS AEROLEVANTAMENTOS

Aerolevanteamento	Média dos erros altimétricos (m)
Sensor Sequoia / RPA eBee SQ	0,16 ± 0,02 a
Sensor SODA / RPA eBee Plus	0,07 ± 0,01 b

(\*) letras diferentes indicam diferença estatística entre os erros - Teste de Tukey (nível de significância de 5%).

Os resultados apresentados na Tabela indicam que a diferença média de altitudes para o sensor multiespectral foi de 0,16 m +/- 0,02 m e para o sensor RGB foi de 0,07 m +/- 0,01 m e que ocorreu diferença significativa entre esses valores. Dessa forma o pode-se afirmar que o sensor SODA em conjunto com a aeronave utilizada apresentou melhor qualidade com relação ao conjunto utilizado com o sensor Sequoia; porém, destaca-se que o sensor multiespectral

apresentou bons resultados considerando-se que obteve um erro médio de 16 cm, que poderia ser adequado para algumas finalidades de levantamentos altimétricos.

As figuras 1 e 2 exibem a planta topográfica da área de estudo elaboradas a partir do dados do levantamentos *in loco* e dos aerolevanteamentos realizados.

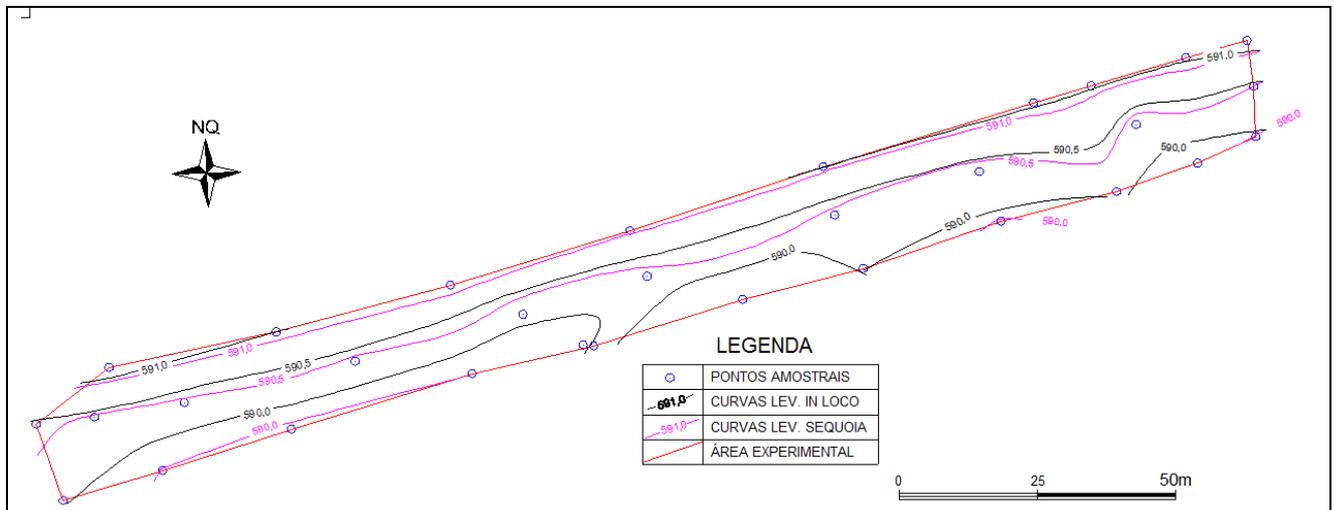


Fig. 1 – Planta topográfica da área de estudo (curvas de nível a cada 0,5 m) – levantamento *in loco* e aerolevanteamento com sensor Sequoia / RPA eBee SQ.

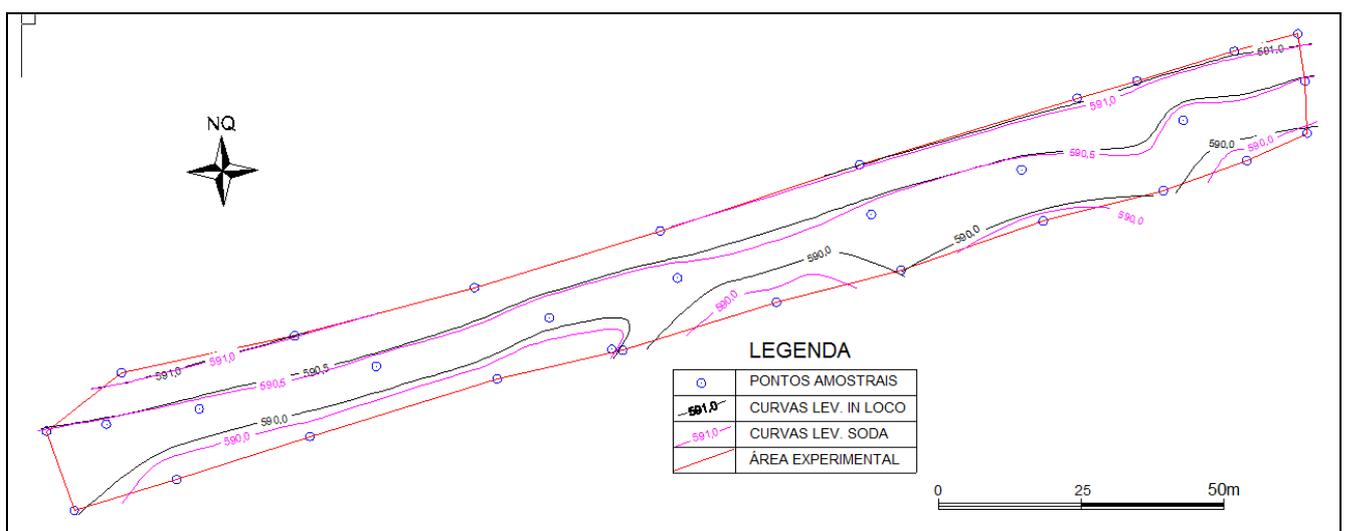


Fig. 2 – Planta topográfica da área de estudo (curvas de nível a cada 0,5 m) – levantamento *in loco* e aerolevanteamento com sensor SODA / RPA eBee Plus.

A análise visual da Figura 1 mostra que o aerolevante realizado com o sensor Sequoia gerou curvas de nível mais discrepantes do que o aerolevante realizado com o sensor SODA (Figura 2), quando comparadas com as curvas de nível geradas pelo levantamento *in loco* com receptor GNSS. Essa análise confirma os resultados apresentados na Tabela 1, nos quais indicaram que sensor SODA embarcado no eBee Plus apresentou, estatisticamente, melhor qualidade com relação ao sensor Sequoia, embarcado no eBee SQ, na caracterização altimétrica do terreno da área experimental.

#### 4- CONCLUSÕES

Apesar do sensor multiespectral ter alcançado resultados na ordem de decímetros, sua qualidade para descrição altimétrica é inferior ao sensor RGB, sendo assim o uso dessa modalidade de sensor deve ser avaliada em função da qualidade almejada no levantamento altimétrico.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos empresa Geo Agri Tecnologia Agrícola pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAPUYT, F.; VANACKER, V.; OOST, K. Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on structure-from-Motion algorithms. Geomorphology. Amsterdã, , v. 260, 2016.
- DECEA. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. **CA 100-40 - Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**. Brasília: DECEA, 2015. 74 p.
- GUILLOT, B.; POUGET, F. UAV application in coastal environment, example of the oleron island for dunes and dikes survey. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Motte, France, v. XL-3/W3, 2015.
- KRŠÁK, B.; BLIŠTĀN. P.; PAULIKOVÁ, A.; PUŠKÁROVÁ, P.; KOVANICĀ, L.; PALKOVÁ, J.; ZELIZNĀKOVÁ, V. Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. Measurement. Amsterdã, , v. 91, 2016.
- MIKHAIL, E.M.; GRACIE, G. Analysis and adjustment of survey measurements. New York: 1981. 340 p.
- MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P.; GALO, M.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, v. 15, n. 3, 2009.
- ROSALEN, D.L. Veículo aéreo não tripulado – VANT. In: Processos Agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: SBEA, 2015.
- ROSALEN, D.L.; CHOUERI, C.; PALLONE FILHO, W. J. Uso de Imagens aéreas e orbitais na cultura da cana-de-açúcar. In: Cana-de-açúcar no Brasil. Campinas: IAC, 2017 (no prelo).
- ROSALEN, D.L.; GONÇALVES, K.C.; TAKAHASHI, K.M. Mapeamento de fragmentos florestais através de diferentes receptores GPS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres. **Anais do ...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2010. p. 343-351.
- ROSALEN, D.L.; PINTO, R.C.S.; ZERBATO, C. Levantamento planialtimétrico de gleba agrícola utilizando-se receptor GNSS RTK embarcado em máquina agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 45., 2016, Florianópolis. **Novas tecnologias e inovações na Engenharia Agrícola**. Jaboticabal: SBEA, 2016.
- SENSEFLY. **Parrot Sequoia**. Cheseaux-Lausanne: Parrot Company, 2017b. 2 p.
- SENSEFLY. **The advanced agricultural drone**. Cheseaux-Lausanne: Parrot Company, 2017. 5 p.
- SENSYFLY. **Ajuda do Terra 3-D**. Ecublens: Parrot-company, 2016.
- SENSYFLY. **eBee-Brochure**. Ecublens: Parrot, 2014. 12 p.
- TURNER, I.L.; HARLEY, M.D.; DRUMMOND, C.D. UAVs for coastal surveying. **Coastal Engineering**. Amsterdã, , v. 114, 2016.
- UYVAL, M.; TOPRAK, A.S.; POLAT, N. DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. **Measurement**. Amsterdã, v. 73, 2015.